

**Verkenning van de waterkwaliteit en
ecologische toestand bij een open
verbinding tussen het Grevelingenmeer
en een (zout) Volkerak-Zoommeer**

Arno Nolte en Claudette Spiteri

Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat Waterdienst

**Verkenning van de waterkwaliteit en
ecologische toestand bij een open
verbinding tussen het Grevelingenmeer
en een (zout) Volkerak-Zoommeer**

Arno Nolte en Claudette Spiteri

Rapport

maart 2009

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Waterdienst					
Titel	Verkenning van de waterkwaliteit en ecologische toestand bij een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en een (zout) Volkerak-Zoommeer					
Samenvatting						
<p>Ter verbetering van de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer is onderzocht of het terugbrengen van (een beperkt) getij een positief effect heeft op de zuurstofhuishouding. Voor het Volkerak-Zoommeer loopt momenteel een MER-traject om een duurzame oplossing voor de blauwalgenproblematiek te vinden. Hier worden verzilting en eveneens het toelaten van een beperkt getij overwogen. Tot slot wordt in het kader van Ruimte voor Rivier onderzocht hoe de zuidwestelijke Delta zou kunnen bijdragen aan het bergen van piekafvoer.</p> <p>Deze drie elementen combinerend heeft Rijkswaterstaat Waterdienst aan Deltares gevraagd om een verkennende scenario studie uit te voeren naar een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Voor deze voorverkenning worden als startpunt beschikbare modellen voor waterbeweging en waterkwaliteit (inclusief primaire productie) gebruikt.</p> <p>Met het opgezette 3-dimensionale Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model is een scenario doorgerekend die bestaat uit een vergrote capaciteit van de Brouwerssluis (1000 m³/s), een doorlaatmiddel in de Philipsdam (300 m³/s) en een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer.</p> <p>De voorverkenning laat zien dat beide deltawateren in grote mate hun eigen karakter blijven behouden. Het Grevelingenmeer blijft overwegend zout en stratificatie komt nauwelijks voor. De zuurstofhuishouding in de waterkolom is dan ook goed. In het Krammer-Volkerak ontstaat een beperkte zoutgradiënt met het laagste zoutgehalte bij de Volkeraksluizen (circa 20-22 ppt). In dit scenario is het oostelijk deel van de Krammer-Volkerak gestratificeerd en zuurstofarme condities treden op in de zomer in de onderlaag. Het effect van grazers zoals mosselen op de zuurstofhuishouding is kort en tentatief onderzocht.</p>						
Referenties						
Ver	Auteur	Datum	Opmerking	Review	Goedkeuring	
	Arno Nolte	Maart 2009		Hans Los	T. Schilperoort	
	Claudette Spiteri					
Projectnummer	Z4576					
Trefwoorden	Grevelingen, Volkerak-Zoommeer, stratificatie, zuurstof, graas					
Aantal bladzijden	36					
Classificatie	Geen					
Status	Definitief					

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Modelopzet en -vergelijking	3
3	Resultaten	9
	3.1 Scenariodefinitie	9
	3.2 Hydrodynamica.....	10
	3.3 Tracers en looptijd	11
	3.4 GEM: waterkwaliteit en ecologie	15
	3.4.1 Basisberekening.....	15
	3.4.2 Effect van graas (gevoeligheidsberekening).....	19
	3.5 Afsluitende opmerkingen en aanbeveling	22
4	Literatuur	25
Appendices		
A	Tijdserie GEM Grevelingen-Volkerak-Zoommeer	27
B	Memo: Quick-scan van de relatie tussen graas en zuurstofhuishouding	43
C	Parameterinstelling(en) GEM	47

1 Inleiding

Voor zowel het Grevelingenmeer als voor het Volkerak-Zoommeer lopen op dit moment studies met als doel (onder andere) de waterkwaliteit en de ecologische toestand te verbeteren. De problematiek in beide watersystemen is niet gelijk. In het Volkerak-Zoommeer veroorzaken blauwalgen vogelsterfte en problemen voor recreatie. In het Grevelingenmeer is sprake van een matige gesteldheid van de bodemfauna en teruglopende aantallen van sommige kustbroedvogels.

De studies zijn in verschillende stadia van uitvoering. Het Bestuurlijk Overleg Krammer-Volkerak heeft inmiddels de staatssecretaris van V&W geadviseerd om het blauwalgenprobleem te bestrijden door het Volkerak-Zoommeer te verzilten en een zeker getij in te stellen. Voor de Grevelingen is in 2008 de verkenning gestart met als meest ingrijpende maatregel een grotere capaciteit van de Brouwerssluis. Een overzicht van deze verkenning is te vinden in Witteveen+Bos (2008). Deltares heeft aan beide studies bijgedragen door onder andere 3D modellering van hydrodynamica en waterkwaliteit (Deltares, 2008a, 2008b).

Naast deze studies die over afzonderlijke waterbekkens gaan, wordt door de Deltacommissie aanbevolen om het Volkerak-Zoommeer samen met het Grevelingenmeer en eventueel de Oosterschelde in te richten voor de berging van rivierwater bij extreme afvoeren en in combinatie met stormvloed op zee (aanbeveling 8 in Deltacommissie (2008)).

Deze drie elementen combinerend heeft Rijkswaterstaat Waterdienst aan Deltares gevraagd om een verkennende scenariostudie uit te voeren naar een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer. Het betreft een verkenning waarbij de twee beschikbare modellen zijn samengevoegd tot een nieuw model en waarbij een scenario is doorgerekend waarin:

- Het noordelijk deel van de Grevelingendam is vervangen door een brug – hierdoor ontstaat een open verbinding over een lengte van circa 800 meter
- De capaciteit van de Brouwerssluis 8 keer zo groot is als de huidige capaciteit (1000 m³/s) – te vergelijken met het Gedempt Getij scenario in Deltares (2008b)
- Een doorlaatmiddel in de Philipsdam met een capaciteit van 300 m³/s – te vergelijken met het P300 scenario in Deltares (2008a)

Dit rapport beschrijft de resultaten van de verkennende scenariostudie. De modelresultaten richten zich vooral op het vóórkomen van stratificatie en op de zuurstofhuishouding. Aangezien in deze fase slechts een beperkte modelvalidatie is uitgevoerd, worden daarnaast aandacht besteed aan noodzakelijk vervolgonderzoek en modelontwikkeling.

2 Modelopzet en -vergelijking

Hoewel het 3D model van het Grevelingenmeer en het 3D model van het Volkerak-Zoommeer beide zijn opgezet in Delft3D-FLOW (hydrodynamica) en GEM¹ (waterkwaliteit inclusief primaire productie), komt de modelopzet wat betreft schematisatie, parameterinstelling en proceskinetiek niet een-op-een overeen. Om beide modellen te kunnen samenvoegen moeten derhalve keuzes gemaakt worden. In deze verkennende fase is als uitgangspunt een zo eenvoudig mogelijke modelopzet gekozen, maar niet zo eenvoudig dat essentiële aspecten verloren gaan. Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de modelinstellingen van de afzonderlijke modellen en de onderbouwde keuze voor het samengevoegde model.

Horizontale schematisatie en bathymetrie

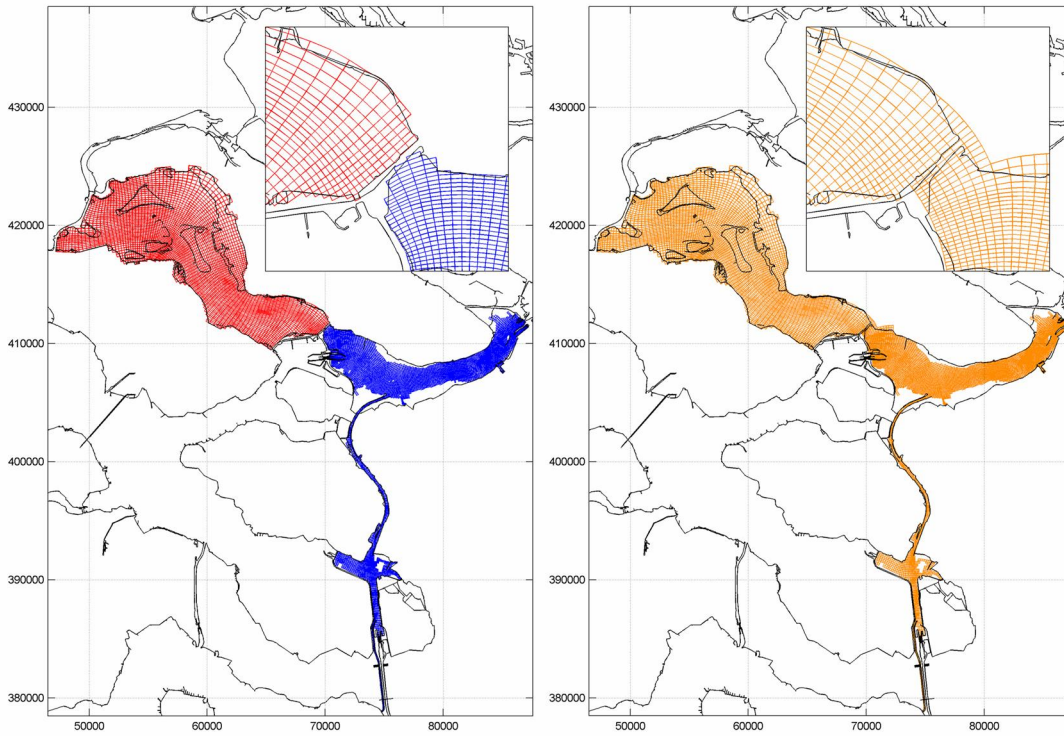
Figuur 2.1 toont de afzonderlijke modelschematisaties en de nieuwe, gecombineerde modelschematisatie voor het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer. Ten opzichte van de oorspronkelijke modelschematisaties zijn slechts beperkte wijzigingen aangebracht:

- Bij de open verbinding zijn de schematisaties met elkaar verbonden, waarbij ervoor gezorgd is dat de gridlijnen netjes op elkaar aansluiten.
- Vanaf ongeveer 2 kilometer vanaf de monding van de Eendracht in het Krammer-Volkerak tot aan Bath en de Kreekraksluizen is de modelschematisatie in de lengterichting een factor 2 uitgedund. Het beperken van de rekentijd was hiervoor de voornaamste reden. Minder horizontale resolutie werd in het Eendracht/Zoommeer gedeelte geoorloofd geacht, omdat daar de (zout-zoet) gradiënten beperkter zijn. Vanwege het verkennende karakter van deze scenariostudie is geen controlerende vergelijking uitgevoerd.

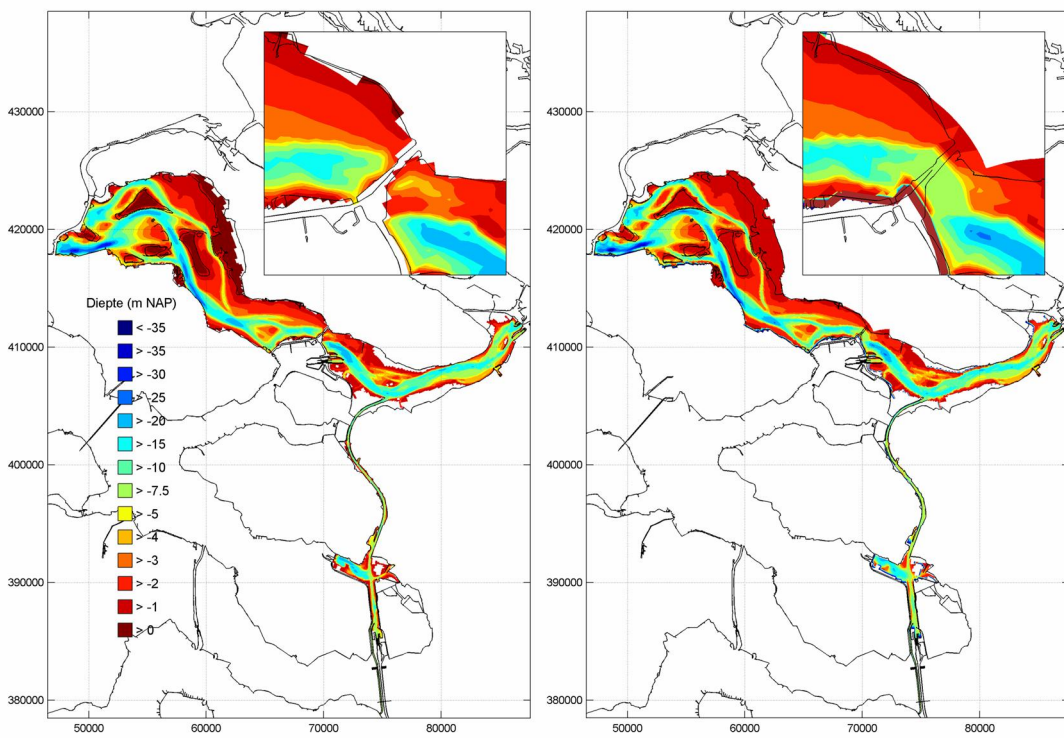
Figuur 2.2 toont de bathymetrie. Ten opzichte van de oorspronkelijke bathymetrieën zijn de volgende wijzigingen aangebracht:

- Bij de open verbinding tussen de Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer is een verdieping tot -8 m NAP aangebracht. De huidige ondieptes zullen deels verdwijnen. Niet onderzocht is hoe dit gebied zich morfologisch zal ontwikkelen.
- De diepte in het Eendracht-Zoommeer gedeelte is geïnterpoleerd op de grovere modelschematisatie. De interpolatie is gedaan op basis van het diepste punt.
- Om (numerieke) problemen in ondiepe gebieden te voorkomen is als minimale diepte -1 m NAP aangenomen. Deze aanpassing heeft geen gevolg voor de stratificatie, maar voorkomt dat rekencellen droogvallen.
- Vanwege een andere wijze om de randvoorwaarde op de Philipsdam te specificeren is lokaal de diepte in enkele rekencellen aangepast.

1. GEM = Generiek Ecologisch Model



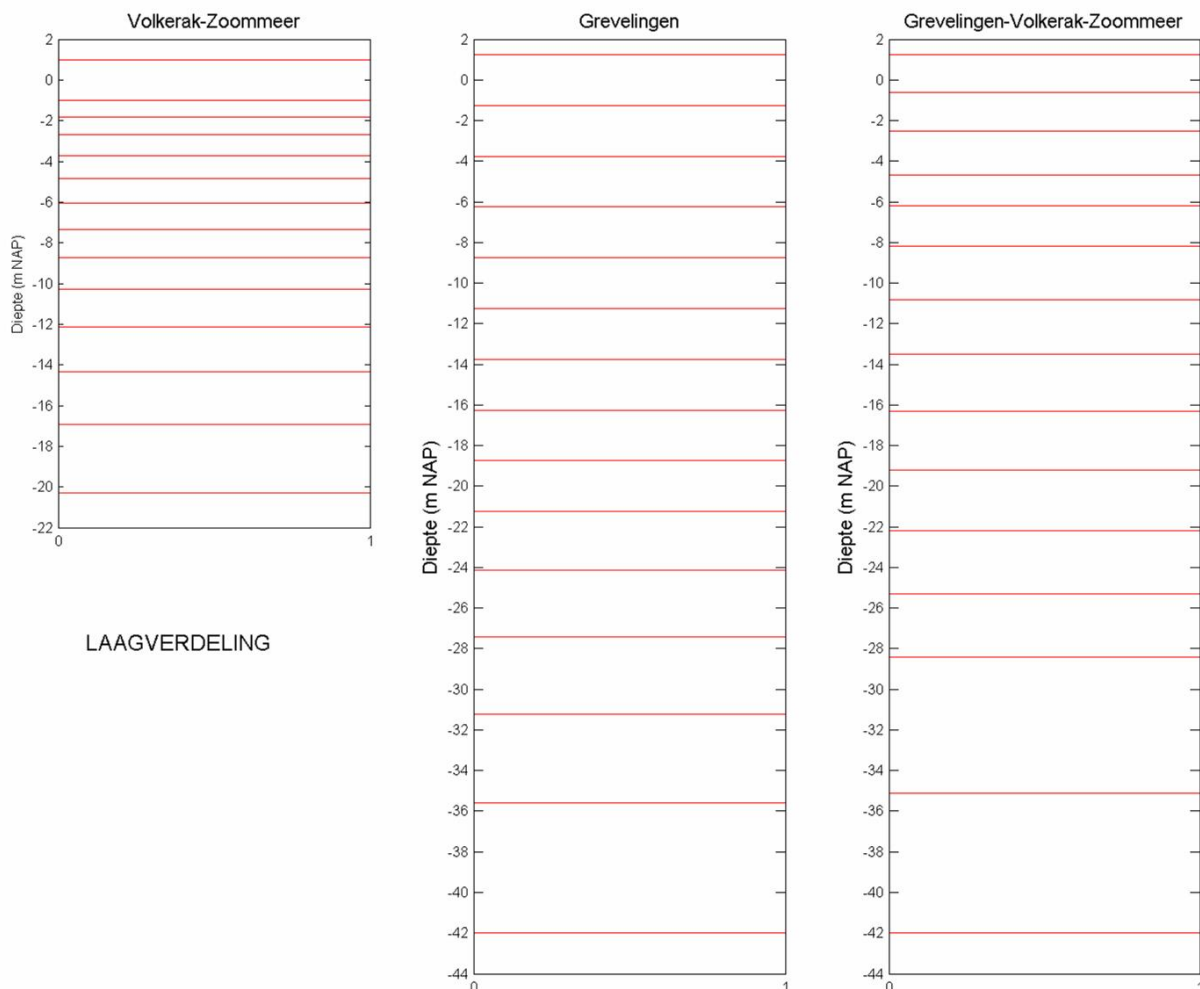
Figuur 2.1 *Modelschematisatie van het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model (rechts) en de afzonderlijke Grevelingen en Volkerak-Zoommeer modellen (links) – De inzet toont de gedetailleerde modelschematisatie bij de (open verbinding bij de) Grevelingendam*



Figuur 2.2 *Bathymetrie (in m ten opzichte van NAP) van het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model (rechts) en de afzonderlijke Grevelingen en Volkerak-Zoommeer modellen (links)*

Verticale schematisatie

De maximale diepte van het Volkerak-Zoommeer is circa 20 meter, welke in het model met 13 verticale lagen werden geschematiseerd. De diepte van het Grevelingenmeer gaat tot circa 40 meter, wat met 14 lagen werd geschematiseerd. In het gecombineerde model is voor 14 lagen gekozen, waarbij de balans tussen voldoende verticale resolutie en acceptabele rekentijden in acht is genomen. Het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model heeft in de bovenste 10 meter – dat wil zeggen daar waar de spronglaag wordt verwacht – minder resolutie van het Volkerak-Zoommeer model, maar meer dan het Grevelingen model: 6 lagen ten opzichte van respectievelijk 9 lagen en 5 lagen. Gezien de verkennende fase is geen nader onderzoek gedaan naar de invloed van de gekozen laagverdeling op de (model)resultaten. De gekozen laagverdeling biedt echter naar verwachting voldoende resolutie om de mate van stratificatie voldoende nauwkeurig weer te kunnen geven. Figuur 2.3 geeft de laagverdeling in de verschillende modellen weer.



Figuur 2.3 Verticale laagverdelingen (in m ten opzichte van NAP) van het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer hydrodynamica model (rechts) en de afzonderlijke Grevelingen en Volkerak-Zoommeer modellen (midden en links)

Randvoorwaarden en meteorologie hydrodynamica

Voor zowel het Grevelingen model als het Volkerak-Zoommeer model wordt gebruik gemaakt van een gesloten waterbalans. Dat wil zeggen dat de som van de ingaande en uitgaande debieten op jaarbasis netto gelijk is aan nul en dus dat de waterstand niet verandert. Bij het combineren van beide watersystemen worden geen nieuwe debieten gecreëerd, zodat beide waterbalansen simpelweg gecombineerd kunnen worden.

In het Grevelingen model worden de debieten van de Brouwerssluis (1000 m³/s daggemiddeld) en de Flakkeese Spuisluis (65 m³/s daggemiddeld) met een regelmatig getij in de vorm van een sinus met een periode van 12 uur opgelegd (dat wil zeggen 6 uur ingaand gevolgd door 6 uur uitgaand debiet). De 12 uur periode wijkt licht af van een normale getijperiode van circa 12,2 uur. De gevolgde methode heeft als voordeel dat het debiet exact aan het model op te leggen is en dat modeluitvoer eens per dag altijd op het zelfde moment binnen het kunstmatige getij 'geprikt' wordt. Nadeel is dat eventueel variërende debieten als gevolg van bijvoorbeeld de doottij-springtij cyclus niet worden meegenomen.

In het Volkerak-Zoommeer model is het debiet van het doorlaatmiddel in de Philipsdam afgeleid uit een modelberekening met een 1D Sobek model. Het debiet wordt met een tijdserie opgelegd. Het resulterende debiet is 268 m³/s ingaand en 204 m³/s uitgaand. Het verschil van 64 m³/s wordt via Bath gespuid op de Westerschelde. Het voordeel van deze methode is dat een variërend debiet bijvoorbeeld afhankelijk van het waterstandsverschil tussen Oosterschelde en Krammer-Volkerak kan worden opgegeven. Het nadeel is dat het netto debiet niet exact opgelegd kan worden, maar afhankelijk wordt van de modelberekening. Voor een scenarioanalyse naar het (benodigde) debiet van een doorlaatmiddel is dit minder wenselijk. Voor het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model is er daarom voor gekozen om met behoud van hetzelfde ingaand en uitgaand debiet ook gebruik te maken van een regelmatig getij met een sinus van 12 uur.

De waterbalans voor alle andere debieten is onveranderd. Een overzicht van de waterbalans wordt gegeven in paragraaf 3.1 bij de beschrijving van het berekende scenario.

De meteorologie (windsnelheid, windrichting, luchtvochtigheid, luchttemperatuur en bewolkinggraag) is overgenomen uit het Grevelingen model. Gegevens zijn afkomstig van het KNMI station Vlissingen.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van enkele parameterinstellingen en karakteristieken van de beschikbare hydrodynamische modellen. De meeste parameters van het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model zijn overgenomen van het Grevelingen model. Dit is gedaan omdat het Grevelingen model uitgebreid gecalibreerd en gevalideerd is op (verticale) temperatuur en zoutgehalte. De verwachting is dat deze instellingen ook bij het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model tot goede resultaten zullen leiden.

Tabel 2.1 Parameterinstellingen en karakteristieken van de hydrodynamische modellen

	Volkerak-Zoommeer	Grevelingen	Grevelingen- Volkerak-Zoommeer
Horizontaal rekenrooster	42×164	116×54	128×250
Verticale lagen	13	14	14
Rekentijdstap	1 minuut	2 minuten	1,25 minuten
Wind stress (bij 0 m/s)	$6,3 \times 10^{-4}$	$8,3 \times 10^{-4}$	$6,3 \times 10^{-4}$
Ccofu	$2,65 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
Ccofv	$2,65 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$
Vicouv / Dicouv	default	0,25	0.25
Vicoww / Dicoww	0	0	0
Dpsopt	Mean	DP	DP
Dryflc	0,1	0,15	0,15
Forfww	Yes	No	No

Gemodelleerde toestandsvariabelen in GEM

Tabel 2.2 geeft een overzicht van de gemodelleerde toestandsvariabelen. Bij de keuze is als uitgangspunt een zo beperkt mogelijke set genomen. Hoewel beperking van de rekentijd ook een rol speelde, wordt er in beginsel naar gestreefd om met een zo eenvoudig mogelijke set toestandsvariabelen en proceskinetiek het wezenlijke karakter van het watersysteem te beschrijven. Uitbreidingen worden gedaan wanneer blijkt dat met de gekozen set het karakter onvoldoende beschreven kan worden.

Tabel 2.2 Geselecteerde toestandsvariabelen in het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model

	Volkerak-Zoommeer	Grevelingen	Grevelingen- Volkerak-Zoommeer
Fysische grootheden	–	Saliniteit	Saliniteit
Anorganisch zwevend stof (in waterkolom en sediment)	1 fractie (IM1)	–	–
Zuurstof	Opgelost zuurstof	Opgelost zuurstof	Opgelost zuurstof
Nutriënten (anorganisch)	NO_3^- , NH_4^+ PO_4^{3-} , geadsorbeerd P Si	NO_3^- , NH_4^+ PO_4^{3-} Si	NO_3^- , NH_4^+ PO_4^{3-} Si
Organisch materiaal (in waterkolom en sediment)	Detritus C, N, P, Si 'Other Organic' C, N, P, Si	Detritus C, N, P, Si	Detritus C, N, P, Si
Algen	Anabaena (zoet) Dinoflagellaten (zout) Diatomeeën (zoet) Diatomeeën (zout) Groenalgen (zoet) Flagellaten (zout) Microcystis (zoet) Nodularia (zout)	Dinoflagellaten (zout)	Dinoflagellaten (zout) Diatomeeën (zout) Groenalgen (zoet) Flagellaten (zout) Microcystis (zoet)
	Ulva (zout)	Phaeocystis (zout) Ulva (zout)	

Verklaring van de voornaamste verschillen:

- In het Volkerak-Zoommeer model worden 9 algensoorten gemodelleerd om de overgang van zoetwatersoorten naar zoutwatersoorten te omvatten. Extra aandacht wordt gegeven aan potentiële plaagalgen zoals *Microcystis* en *Nodularia*. Ook het voorkomen van picoplankton (zeer kleine groenalgen die in zoetwater kunnen voorkomen) is meegenomen. In het Grevelingen model is geen zoet-zoutgradiënt aanwezig, dus zijn alleen zoute soorten geselecteerd. In het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model is gekozen voor een beperktere selectie, waarbij minder aandacht is voor de zoet-zoutovergang en voor plaagalgen en picoplankton. De hydrodynamische modellering laat zien dat de saliniteit bij de Volkeraksluizen gemiddeld 20 ppt (11 g/l chloride) bedraagt (zie paragraaf 3.2), waardoor van een volledige zoet naar zout gradiënt geen sprake is en zoutwatersoorten zullen overheersen. Aan plaagalgen wordt in deze verkennende fase geen specifieke aandacht gegeven, aangezien de aandacht zich vooral op de zuurstofhuishouding richt. Overigens is ook beperking van de rekentijd een overweging om het aantal algensoorten te beperken. Met de geselecteerde set resteert een rekentijd van 3,5 dag voor een periode van 10,5 maanden.
- Hoewel *Ulva* wel zou kunnen voorkomen in het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer, draagt relatief weinig bij de nutriëntencycli. Dit is de voornaamste reden om *Ulva* niet mee te nemen in de modellering. Daarnaast geldt ook dat de modellering van *Ulva* nog met onzekerheden omgeven is.
- In het Volkerak-Zoommeer model wordt anorganisch zwevend stof als toestandsvariabele gemodelleerd, terwijl in het Grevelingen model een constante waarde van 4 mg/l wordt gebruikt. In het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model wordt deze laatste optie overgenomen. De berekende concentratie in het Volkerak-Zoommeer model is eveneens laag met waardes rond 3 mg/l en weinig variabel. Voor het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer is er daarom voor gekozen om met een constante waarde van 4 mg/l te volstaan.
- In het Volkerak-Zoommeer model worden twee organisch materiaal fracties gemodelleerd (DetC en OOC en equivalenten voor N, P en Si); in het Grevelingen model een. Door twee fracties te modelleren kan onderscheid aangebracht worden tussen snel afbreekbaar en langzaam afbreekbaar organisch materiaal. Aangezien voor de zuurstofhuishouding over het algemeen de snel afbreekbare fractie relevanter is, is de langzaam afbrekende fase in deze verkennende fase niet meegenomen.
- Tot slot is voor een eenvoudige modellering van fosfaat gekozen. Zo wordt de geadsorbeerde fractie bijvoorbeeld niet gemodelleerd. Met uitzondering van wellicht een korte periode in het voorjaar is fosfaat niet limiterend voor primaire productie. Zolang het model dit reproduceert, is de absoluut juiste voorspelling van de fosfaatconcentratie in deze voorverkenning niet relevant. In een vervolgfase zal hier wel nader naar gekeken moeten worden.

3 Resultaten

3.1 Scenariodefinitie

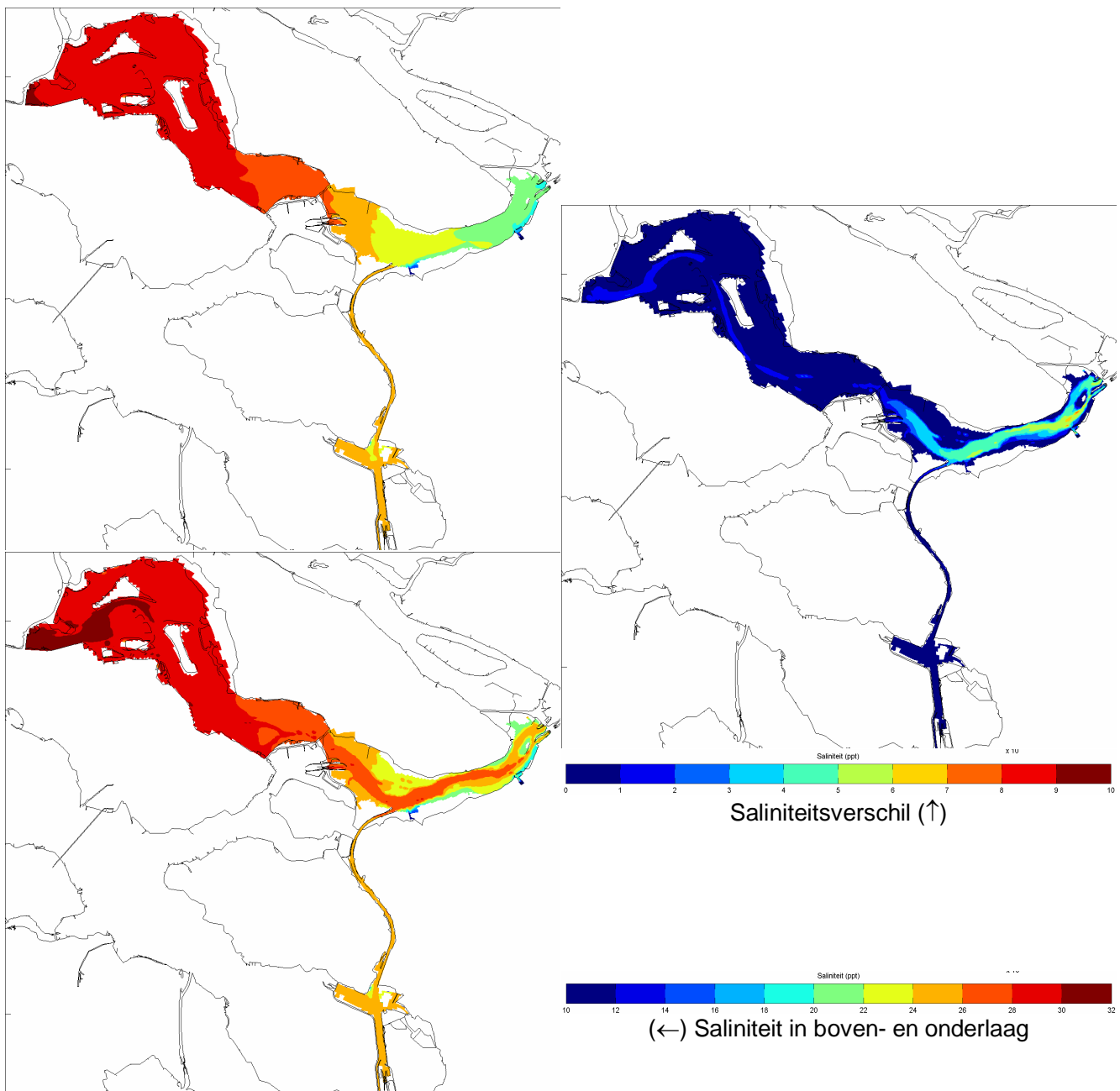
De uitgevoerde scenarioberekening met een open verbinding tussen het Grevelingenmeer en het Volkerak-Zoommeer is een combinatie van het 'Gedempt getij' scenario in de Grevelingen verkenning (Deltares, 2008b) en het P300 scenario in de Volkerak-Zoommeer MER. De Brouwerssluis heeft een (vergroete) capaciteit van $1000 \text{ m}^3/\text{s}$, hetgeen overeenkomt met 8 keer de huidige capaciteit. De Flakkeese Spuisluis is in gebruik genomen en heeft een debiet van $65 \text{ m}^3/\text{s}$. Door het doorlaatmiddel in de Philipsdam wordt $268 \text{ m}^3/\text{s}$ ingelaten en $204 \text{ m}^3/\text{s}$ uitgelaten. Het verschil van $64 \text{ m}^3/\text{s}$ wordt via Bath op de Westerschelde geloosd. De totale zoetwaterbelasting is $39,4 \text{ m}^3/\text{s}$, waarvan het overgrote deel ($36,3 \text{ m}^3/\text{s}$) op het Volkerak-Zoommeer.



Figuur 3.1 Overzicht van ingaande en uitgaande debieten in het berekende Grevelingen-Volkerak-Zoommeer scenario

3.2 Hydrodynamica

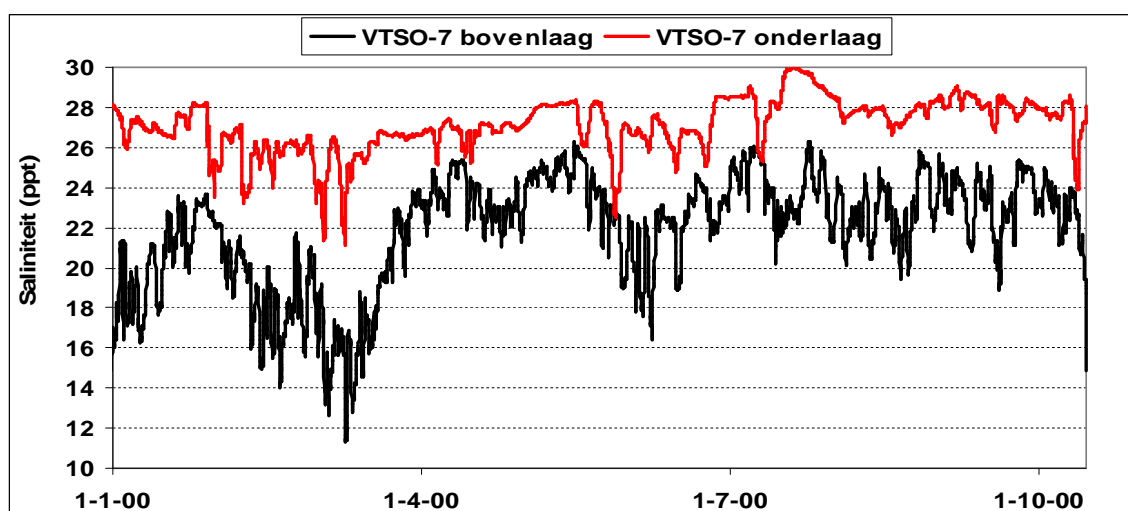
De waterstandvariatie bedraagt circa 20 cm op locatie Dreischor Grevelingenmeer) en circa 25 cm op locatie Steenberg (Volkerak). In het Zoommeer loopt de getijslag op tot circa 40 cm. Ter vergelijking: In het Grevelingen model wordt in het Gedempt getij scenario circa 37 cm getijslag berekend; in het P300 scenario in het Volkerak-Zoommeer model bij Steenberg circa 19 cm. De reden voor deze variatie is in deze voorverkenning niet nader onderzocht. Mogelijk treedt interferentie van het regelmatige 12-uurs getij op de randen op. Opslingering van het getij zou eveneens mee kunnen spelen, maar het effect daarvan wordt niet groot geacht. We benadrukken tenslotte dat in de huidige modellering geen springtij-doodtij is meegenomen.



Figuur 3.2 Gemiddelde saliniteit (in ppt) in boven- en onderlaag (links) en gemiddeld saliniteitsverschil (in ppt) tussen boven- en onderlaag (rechts)

Figuur 3.2 toont de gemiddelde saliniteit in boven- en onderlaag. De gemiddelde saliniteit in het Grevelingenmeer varieert van 28 tot 30 ppt (15,5 tot 16,6 g/l chloride). Door de relatief veel grotere zoetwaterbelasting op het Volkerak-Zoommeer is de variatie groter: 20 tot 29 ppt (11,1 tot 16,0 g/l chloride).

Op het Krammer-Volkerak wordt stratificatie van 4 tot 8 ppt (2,2 tot 4,4 g/l chloride) berekend. De tijdserie laat zien dat deze stratificatie structureel van aard is (Figuur 3.3), hoewel ook op enkele momenten opmenging plaatsvindt. In het Grevelingenmeer is de stratificatie minder (1 tot 2 ppt / 0,5 tot 1,1 g/l chloride). Tevens vindt in het Grevelingenmeer met enige regelmaat opmenging plaats, waardoor de stratificatie geen structureel karakter heeft.



Figuur 3.3 Berekende saliniteit (in ppt) op locatie VTSO-7 (ongeveer tussen Dintel en Vliet)

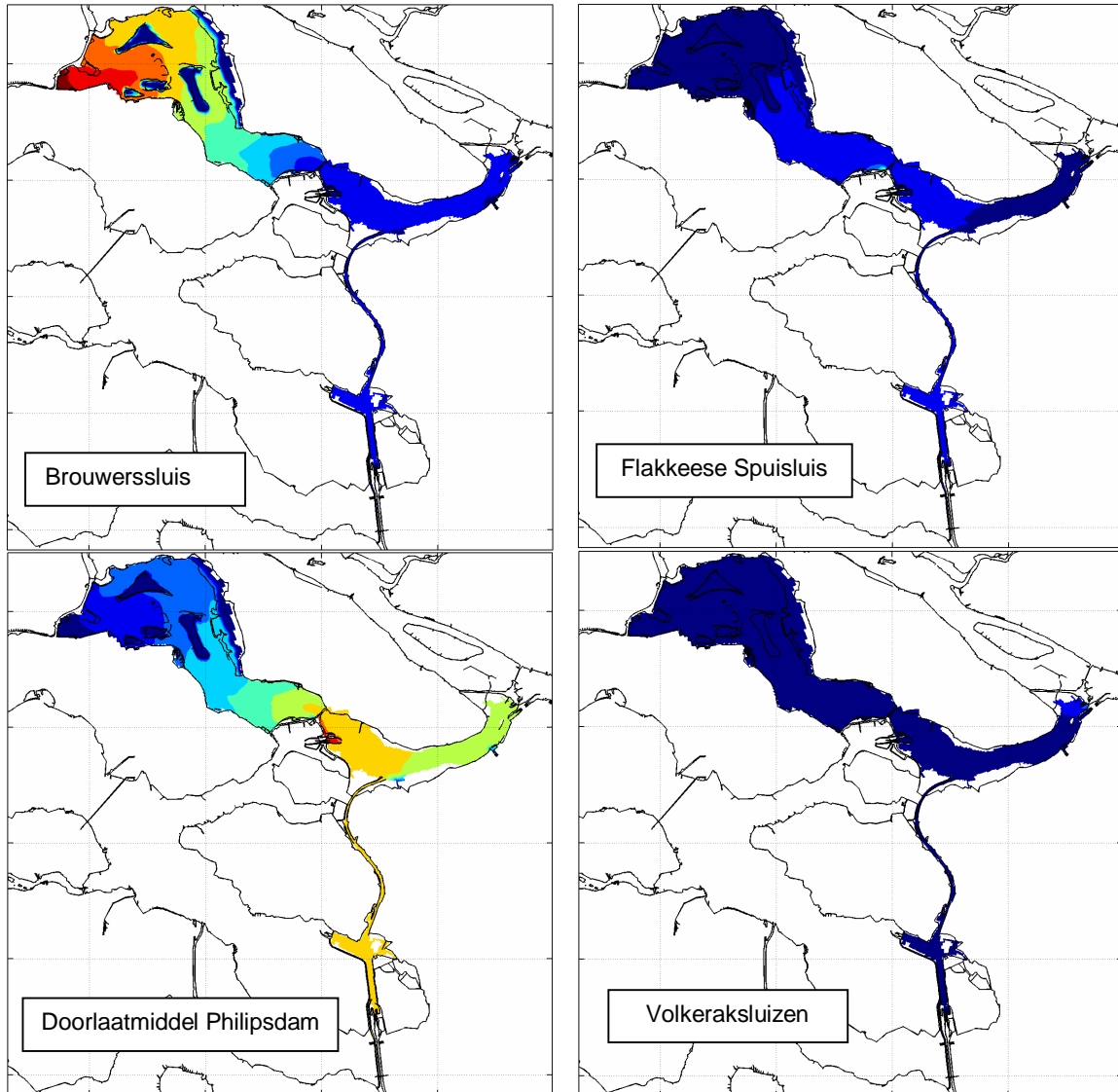
3.3 Tracers en looptijd

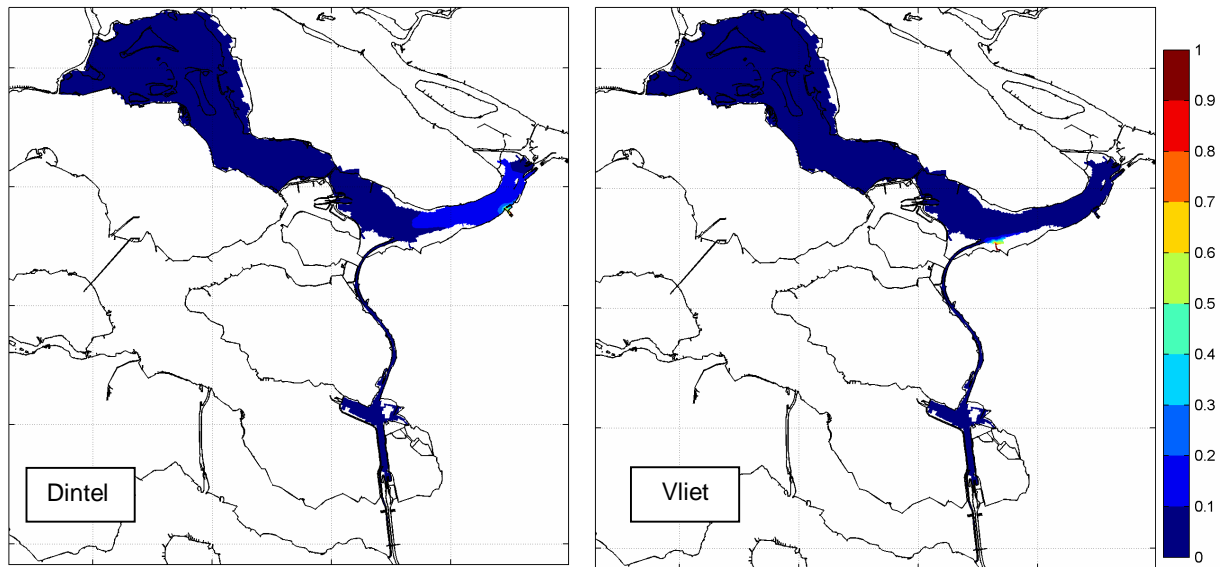
Op basis van een tracerberekening waarbij op de instromende randen een concentratie van 1 g/m^3 is opgegeven, kan op iedere locatie de herkomst van het water getoond worden. Uit Figuur 3.4 zijn de volgende constatering af te leiden (NB: gemiddelde over zomerperiode (15-7 tot 15-10) met lagere afvoeren voor Dintel en Vliet. Mogelijk is winterperiode hoger:

- De bijdrage van de Brouwerssluis aan het Volkerak-Zoommeer is 10-20%.
- De bijdrage van de Flakkeese Spuisluis aan Volkerak-Zoommeer is 10-20%, maar bij Volkeraksluizen < 10%.
- De bijdrage van het doorlaatmiddel in de Philipsdam aan het Grevelingenmeer is 60% bij de open verbinding, maar <10% bij Brouwerssluis.
- De bijdrage van de Volkeraksluizen, Dintel en Vliet aan het Grevelingenmeer is ieder < 10%: respectievelijk 1%, 3% en 1,5% bij de open verbinding.

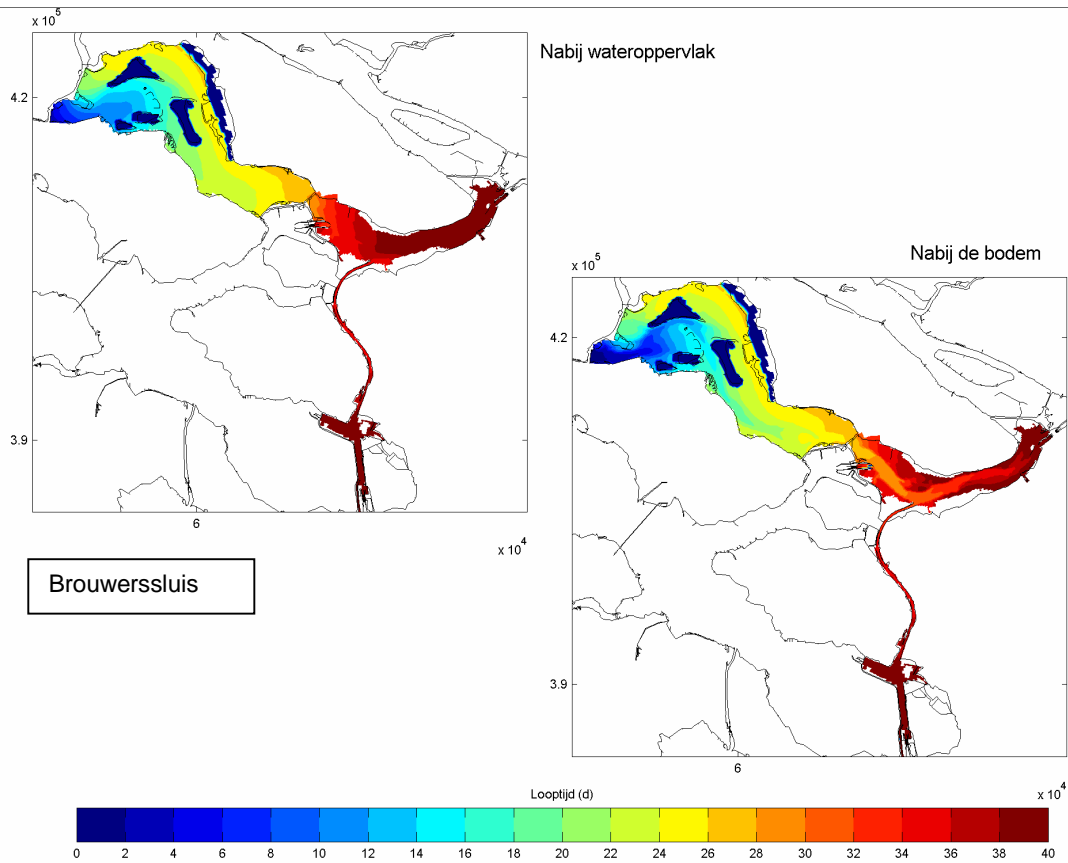
Door de positie dicht bij de open verbinding is de relatieve bijdrage van het doorlaatmiddel in de Philipsdam aan het Grevelingenmeer veel groter dan de relatieve bijdrage van de Brouwerssluis aan het Volkerak-Zoommeer. Opvallend genoeg zijn de absolute bijdrages vergelijkbaar: circa $160 \text{ m}^3/\text{s}$ voor het doorlaatmiddel in de Philipsdam (60% van $268 \text{ m}^3/\text{s}$) tegenover $200 \text{ m}^3/\text{s}$ voor de Brouwerssluis (20% van $1000 \text{ m}^3/\text{s}$). De zoetwaterbelasting van de Grevelingen via

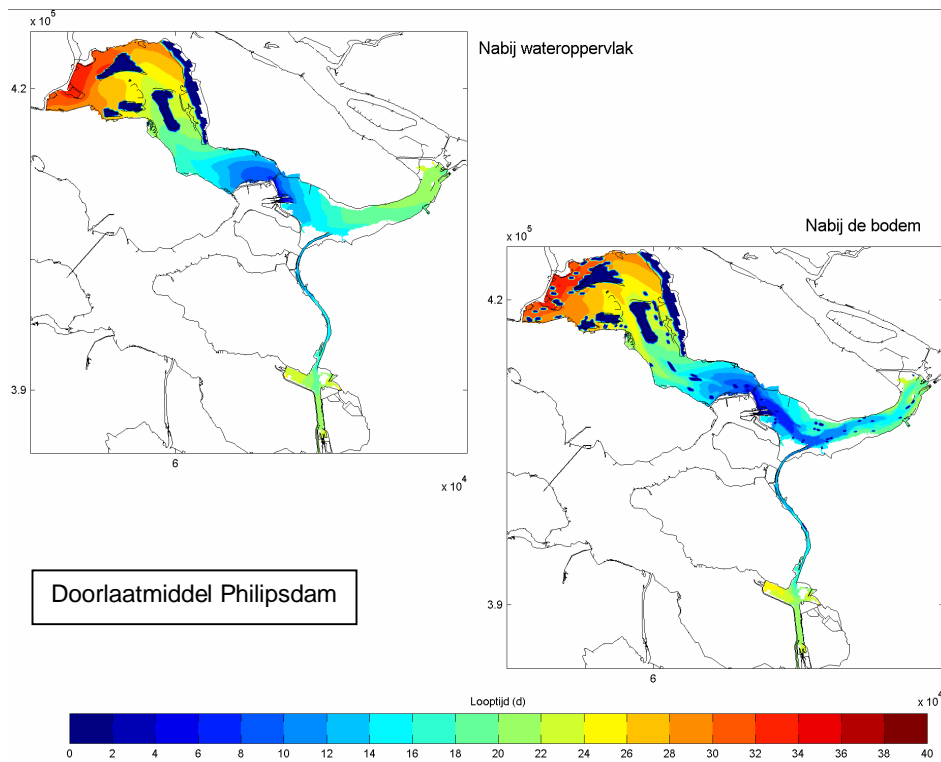
de open verbinding is gemiddeld $0,75 \text{ m}^3/\text{s}$ hetgeen circa 40% is van de directe
polderwaterbelasting.



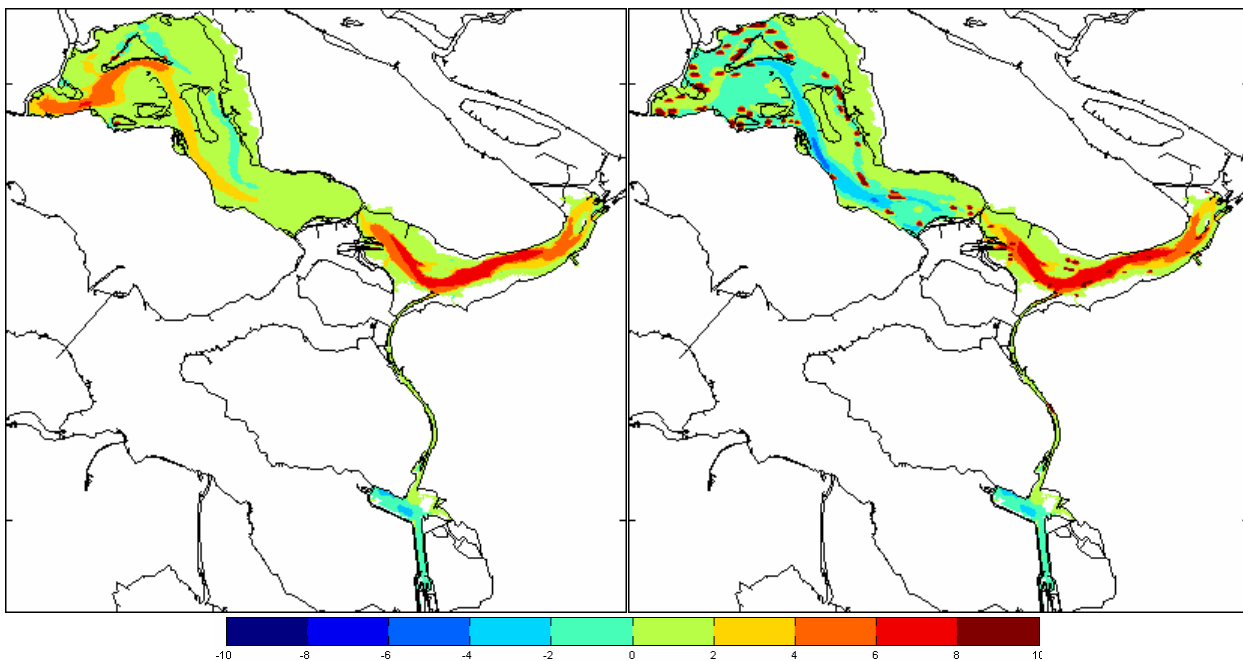


Figuur 3.4 Herkomst van water (fractie, -) in de oppervlaktelaag gemiddeld over de periode 15 juli-15 oktober 2000





Figuur 3.5 Gemiddelde looptijd (in dagen) van water dat ingelaten wordt via de Brouwerssluis en het doorlaatmiddel in de Philipsdam (NB: Eilanden en droogvallende delen hebben een irrelevante looptijd van 0 dagen. Bij het doorlaatmiddel in de Philipsdam worden vlekkelig hoge waarden in de onderlaag getoond. In deze punten heeft het model geen looptijd kunnen berekenen.)



Figuur 3.6 Verschil in looptijd (in dagen) tussen boven- en onderlaag vanaf de Brouwerssluis (links) en het doorlaatmiddel in de Philipsdam (rechts). Positieve waarden geven aan dat de looptijd in de bovenlaag groter is dan in de onderlaag.

Door een niet afbreekbare en een afbreekbare tracer met de zelfde concentratie via de Brouwerssluis en het doorlaatmiddel in de Philipsdam binnen te laten, kan uit het verschil tussen beide concentraties de looptijd (dat wil zeggen reistijd vanaf het moment van instroming) berekend worden. Uit Figuur 3.5 en Figuur 3.6 zijn de volgende constatering afgeleid:

- De gemiddelde looptijd vanaf de Brouwerssluis tot aan de open verbinding is circa 28 dagen (4 weken).
- De looptijd vanaf de Brouwerssluis in de Grevelingen verschilt 4 tot 6 dagen tussen boven en onderlaag in het eerste deel van de geul vanaf de Brouwerssluis. Ten zuidwesten van de Hompelvoet neemt het verschil af tot 2 tot 4 dagen. De onderlaag heeft een kortere looptijd.
- Ondanks de nabijheid van de Brouwerssluis is bij het noordelijk deel van de Brouwersdam de looptijd circa 18 dagen.
- De gemiddelde looptijd vanaf het doorlaatmiddel in de Philipsdam tot aan de Volkeraksluizen is circa 21 dagen (3 weken). Tot aan Bath is de gemiddelde looptijd eveneens circa 3 weken.
- De looptijd vanaf het doorlaatmiddel in de Philipsdam in het Krammer-Volkerak verschilt circa 7 dagen tussen boven- en onderlaag. De onderlaag heeft een kortere looptijd.

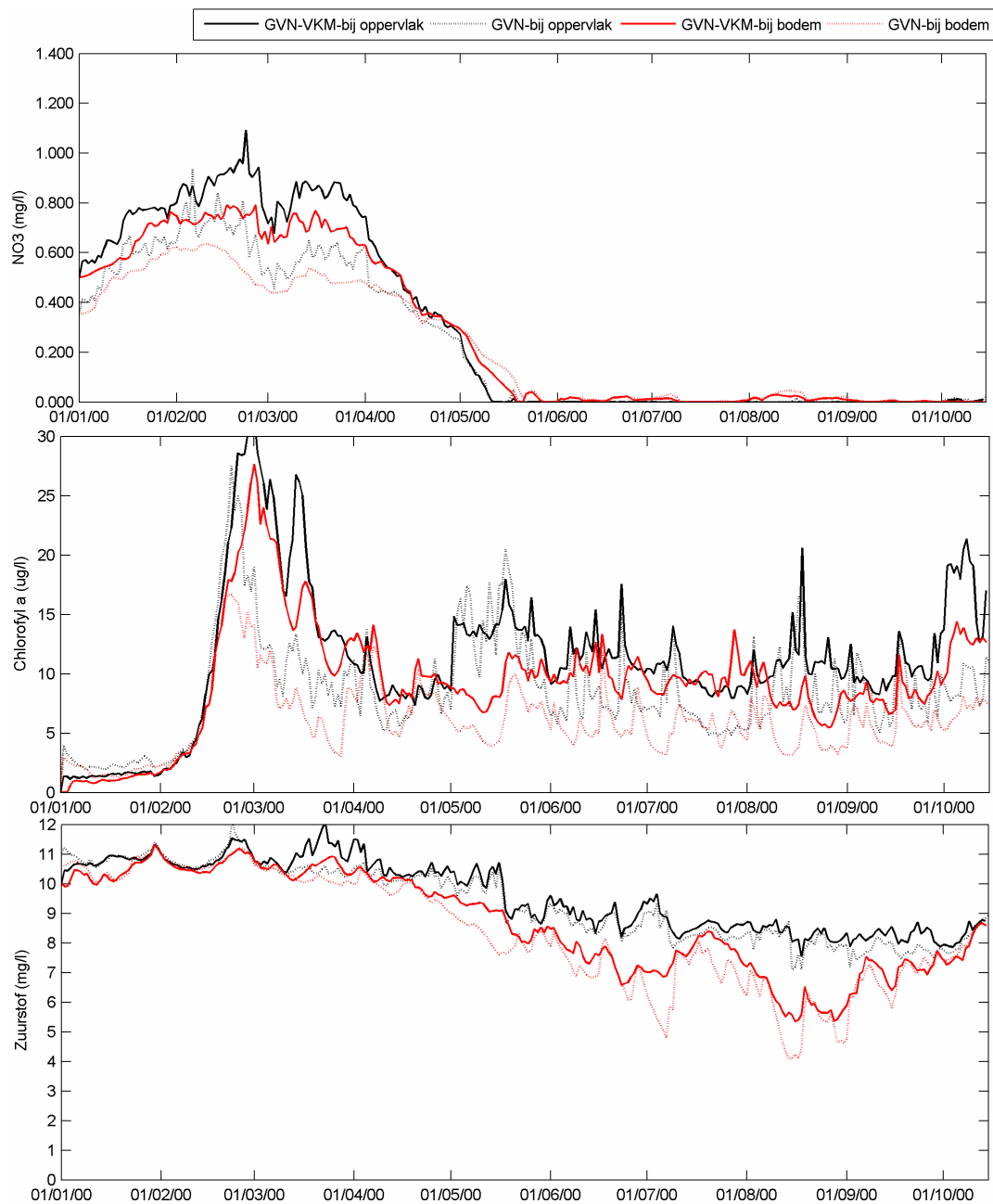
De berekening laat zien dat het 'lopende band'-effect zowel in het Grevelingenmeer als in het Krammer-Volkerak enigszins bestaat. Het komt erop neer dat van respectievelijk de Noordzee en de Oosterschelde zich in eerste instantie vooral via de diepe geul in de meren verspreid. De lopende band is echter niet perfect gesloten. In het Krammer-Volkerak zou in het geval van een perfect gesloten lopende band de looptijd aan de bodem oplopen van 0 dagen bij het doorlaatmiddel in de Philipsdam tot 21 dagen bij de Volkeraksluizen en vervolgens in de bovenlaag verder toenemen waarbij 21 dagen bij de Volkeraksluizen de laagste waarde is. Het verschil tussen boven- en onderlaag is dan minimaal bij de Volkeraksluizen en maximaal bij het doorlaatmiddel in de Philipsdam. Daarentegen wordt een vrij constant verschil van circa 7 dagen berekend.

3.4 GEM: waterkwaliteit en ecologie

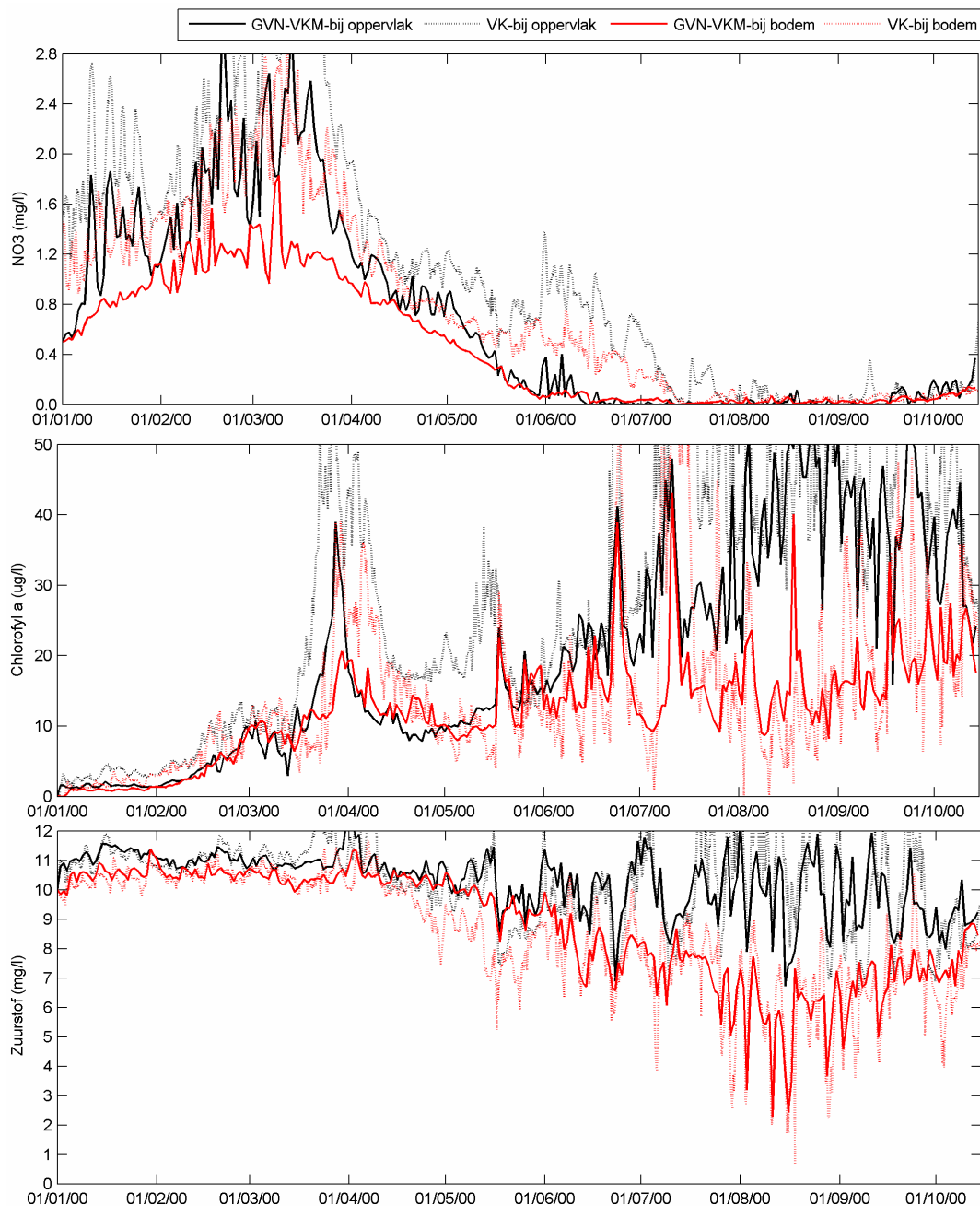
3.4.1 Basisberekening

Bijlage C bevat een overzicht van de gekozen parameterinstellingen voor het Volkerak-Zoommeer model, het Grevelingen model en het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model. In dit rapport wordt niet ingegaan op de verschillen.

Voor de volledige set tijdseries van nutriënten, chlorofyl, zuurstof en doorzicht verwijzen we naar Bijlage A. De basis GEM berekening gaat uit van de parameter setting van het Grevelingen model aangevuld met de setting van het Volkerak-Zoommeer model voor de algensoorten die niet in het Grevelingen model waren opgenomen. We vergelijken de berekende waarden met het Gedempt getij scenario van het Grevelingen model en het P300 scenario van het Volkerak-Zoommeer model. In onderstaande bespreking beperken we ons tot het deel Grevelingen-Krammer-Volkerak.



Figuur 3.7 Berekende concentratie nitraat (boven, in mg-N/l), chlorofyl-a (midden in ug/l) en zuurstof (onder, mg/l) op locatie Dreischor



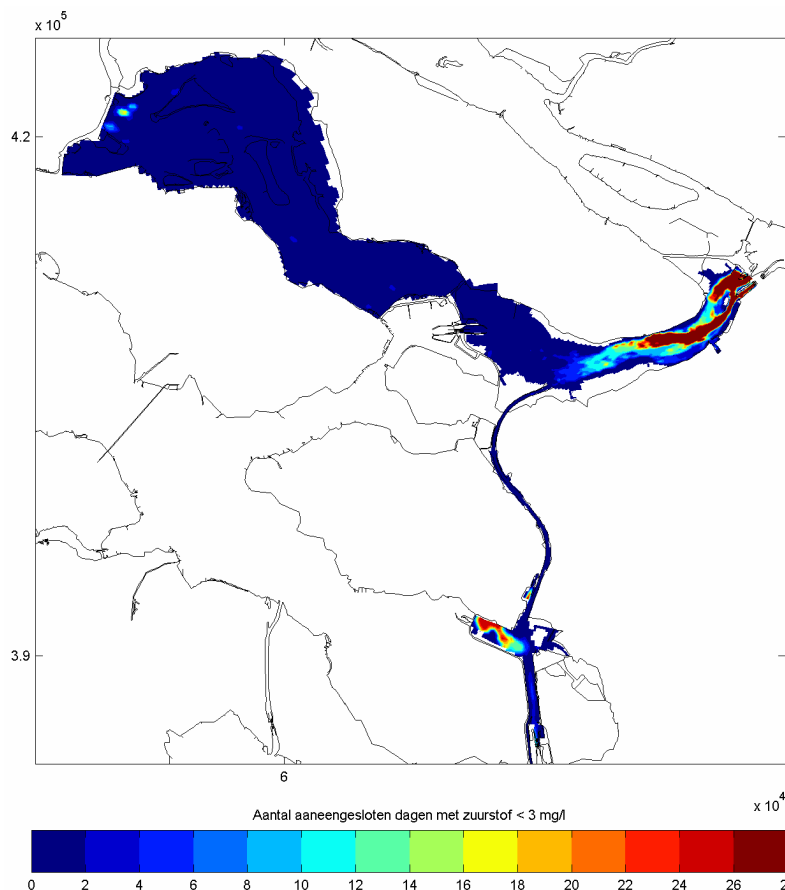
Figuur 3.8 Berekende concentratie nitraat (boven, in mg-N/l), chlorofyl-a (midden, in ug/l) en zuurstof (onder, in mg/l) op locatie Steenberg – de vergelijkende P300 Volkerak-Zoommeer berekening is zonder graas

De winterconcentratie nitraat in het Grevelingenmeer neemt toe doordat het Grevelingenmeer in verbinding komt te staan met de Brabantse rivieren, het Hollands Diep en de Oosterschelde die allen - in aflopende mate - een hogere nitraatconcentratie hebben dan het huidige Grevelingenmeer. De hogere stikstofbelasting in het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer scenario ten opzichte van het Gedempt getij scenario leidt tot hoger chlorofylniveau. Parameterinstellingen voor graas en lichtklimaat zijn gelijk aan het Grevelingen model (met geringe graasdruk), dus het verschil wordt (voornamelijk) veroorzaakt door stikstofbelasting. De zuurstofconcentratie in Dreischor neemt iets toe. Ondanks de grotere stikstofbelasting wordt de zuurstofproblematiek niet

groter. Ondanks de minder grote getijslag (20 cm tegenover 37 cm) zorgt de open verbinding met het Krammer-Volkerak voor wat hogere stroomsnelheden waardoor waarschijnlijk toch een vergelijkbaar effect voor menging wordt bereikt.

In het Krammer-Volkerak neemt de nitraatconcentratie af. Hier speelt het omgekeerde van het Grevelingenmeer. De menging met het Noordzeewater dat minder nitraat bevat, resulteert in een lagere concentratie. De chlorofylconcentratie is ietwat lager in het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model dan in het P300 scenario in het Volkerak-Zoommeer model. De zomerconcentratie, wanneer stikstoflimitatie optreedt, is wel vergelijkbaar. Tenslotte blijkt de resulterende zuurstofconcentratie eveneens vergelijkbaar. Door de relatief sterke en structurele stratificatie treedt bij Steenberg en in de onderlaag een verlaging van de zuurstofconcentratie op.

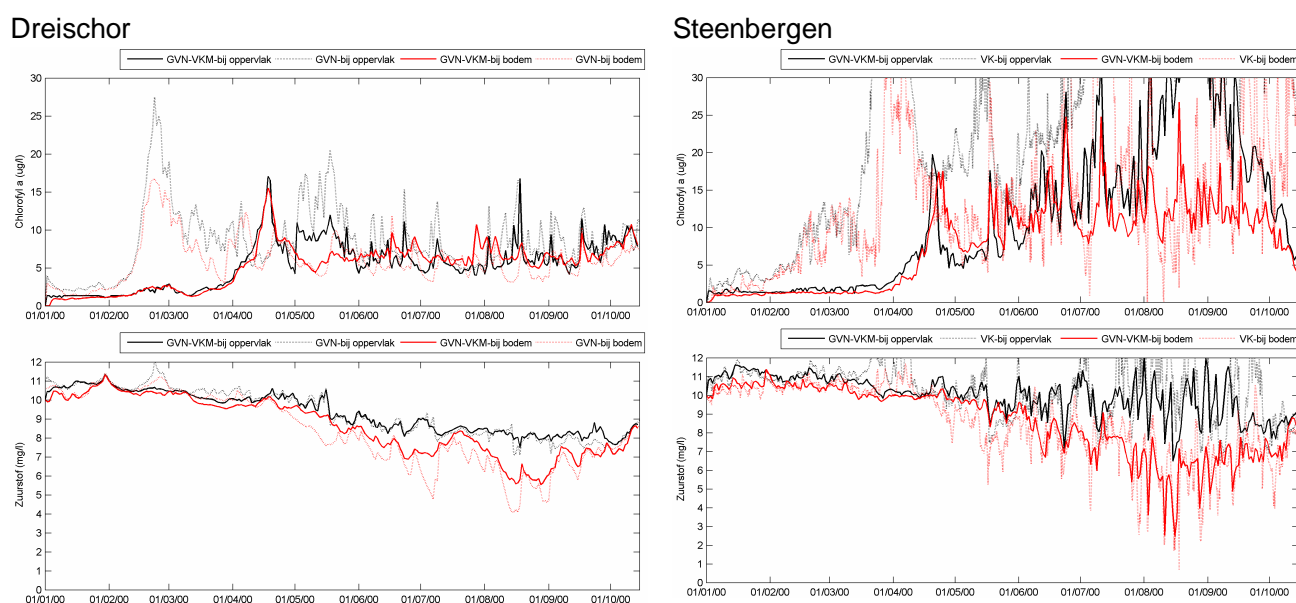
Figuur 3.9 laat zien dat in het gestratificeerde gedeelte dat zich uitstrekt van de Volkeraksluizen tot bijna aan de Vliet (Figuur 3.2) gedurende een periode langer dan 7 dagen zuurstofarme condities in de onderlaag voorkomen. Deze condities zijn het gevolg van de combinatie van een voldoende sterke en permanente stratificatie en voldoende aanbod van organisch materiaal. In het Grevelingenmeer blijven zuurstofarme condities beperkt tot het diepere gedeelte bij het noordelijk deel van de Brouwersdam. Dit is consistent met de berekeningen van het Grevelingen model.



Figuur 3.9 Periode van aaneengesloten dagen met een zuurstofconcentratie in de onderlaag van minder dan 3 mg/l in de basisberekening

3.4.2 Effect van graas (gevoeligheidsberekening)

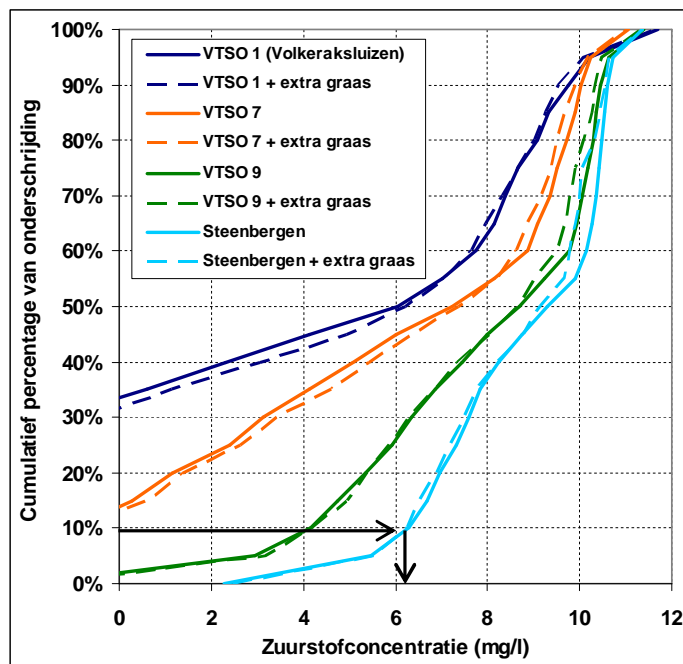
In het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer model wordt een beperkte graasdruk aangenomen. Graas wordt gesimuleerd door de valsnelheid met 0,5 m/d te verhogen. Bij een gemiddelde waterdiepte zou dit neerkomen op een filtratietijd door graas van 10 dagen. In het Volkerak-Zoommeer model wordt een hogere graasdruk aangenomen, waarbij de filtratie door graas neerkomt op 2,5 dagen.



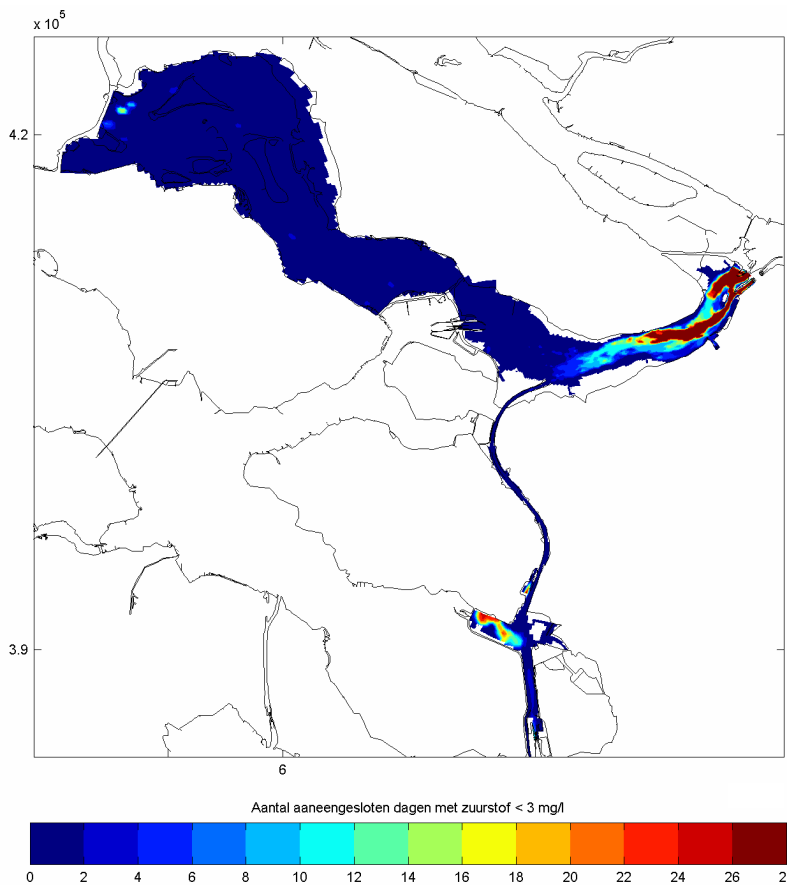
Figuur 3.10 Berekende chlorofyl- (boven in ug/l) en zuurstofconcentratie (onder, in mg/l) in locatie Dreischor (rechts) en Steenberg (links)

Om de gevoeligheid voor de graasdruk te onderzoeken is de valsnelheid met nog eens 1,0 m/d verhoogd. De filtratie door graas zou dan neerkomen op circa 3,5 dagen. Als we Figuur 3.10 vergelijken met Figuur 3.7 en Figuur 3.8 valt op dat de chlorofylconcentratie in grote mate beïnvloed wordt door de hogere graasdruk. De primaire productie is met ongeveer 25% verlaagd van 455 gC/m² naar 345 gC/m² (NB: over de berekende periode van 10,5 maanden). Voor de zuurstofconcentratie is echter geen groot verschil waarneembaar. Uit de cumulatieve verdeling van de zuurstofconcentratie blijkt dat in het gestratificeerde gedeelte de zuurstofarme condities licht beter zijn, maar het effect is gering (Figuur 3.11). Zuurstofarme condities worden nog steeds over een langere periode berekend. De berekende aaneengesloten zuurstofarme periode is nauwelijks waarneembaar beïnvloed (Figuur 3.12).

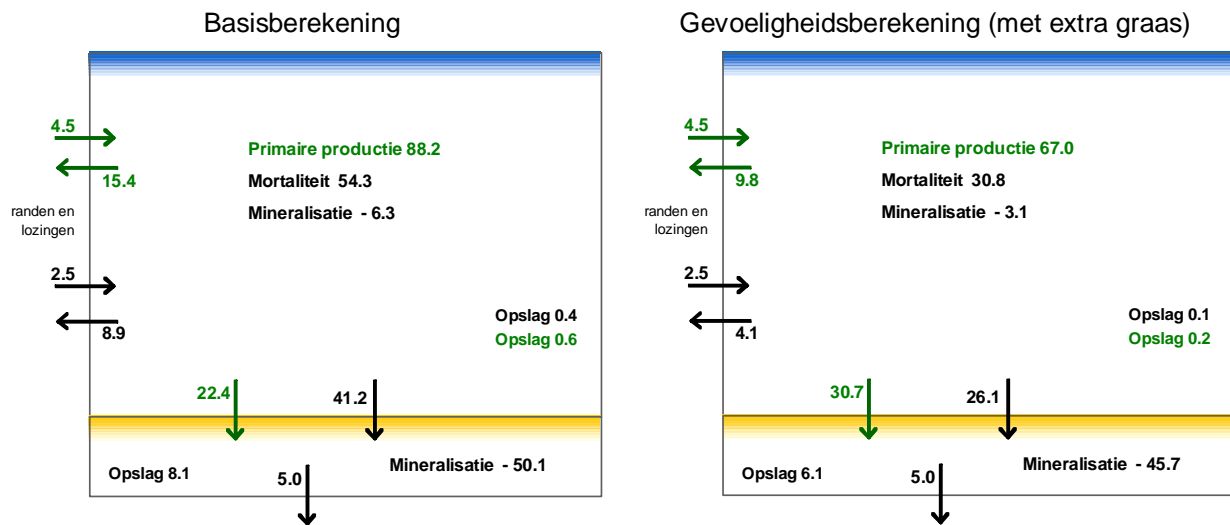
Op basis van de vergelijkende berekening kan derhalve geconcludeerd worden dat ondanks de lagere primaire productie bij gelijkblijvende mate van stratificatie het aanbod van organisch materiaal voldoende blijft om zuurstofarme condities te ontwikkelen.



Figuur 3.11 Percentage van de tijd dat de zuurstofconcentratie onderschreden wordt voor de basisberekening (doorgetrokken lijnen) en de gevoeligheidsberekeningen met extra graas (gestippelde lijnen) – De grafiek kan als volgt afgelezen te worden: Op locatie Steenbergen is de zuurstofconcentratie gedurende 10% van de tijd minder dan 6,3 mg/l



Figuur 3.12 Periode van aaneengesloten dagen met een zuurstofconcentratie in de onderlaag van minder dan 3 mg/l bij een verhoogde graasdruk



Figuur 3.13 Koolstofbalans (cumulatief voor het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer in 10⁹ gC gedurende de simulatieperiode van 1-1-2000 tot 15-10-2000) voor de basisberekening (links) en de gevoeligheidsberekening met extra graas (rechts). Pijlen en getallen in groen hebben betrekking op fytoplankton; in zwart op detritus.

Figuur 3.13 illustreert waarom in de modelberekening geen groot verschil wordt gevonden als de graasdruk wordt verhoogd, wat in het model gesimuleerd wordt door de valsnelheid van organisch materiaal en fytoplankton te verhogen. De primaire productie en dus het aanbod van organisch materiaal verminderen met 25%, maar doordat het organisch materiaal sneller naar de bodem verdwijnt, wordt een groter deel van het aanbod in de bodem(laag) afgebroken. De zuurstofvraag van de bodem – in Figuur 3.13 weergegeven als mineralisatie – neemt daarom met een kleine 10% af. Ook opvallend is dat de afvoer van organisch materiaal uit het systeem (bijvoorbeeld naar de Noordzee) met circa 40% afneemt. Dit houdt in dat hoewel de productie van organisch materiaal lager is, een groter deel daarvan binnen het systeem wordt afgebroken en dus beschikbaar is voor zuurstofvraag. De lagere primaire productie wordt door dit mechanisme voor ongeveer 50% gecompenseerd.

De afname van primaire productie is niet gelijk verdeeld in ruimte en tijd. Uit Tabel 3.1 blijkt dat primaire productie vooral in de winter meer afneemt dan in de zomer. In VTSO-7 in het gestratificeerde deel van het Volkerak neemt primaire productie in de zomermaanden met 12% af. De zuurstofvraag² laat een veel geringere afname en in de zomermaanden soms zelfs een toename zien.

Deze getallen moeten voorzichtig geïnterpreteerd worden, omdat geen uitgebreide analyse is uitgevoerd. Op zijn minst is de conclusie gerechtvaardigd dat primaire productie en zuurstofvraag van de bodem(laag) niet lineair of evenredig op elkaar reageren.

² In het model wordt de oxidatie van sulfides, methaan en andere gereduceerde stoffen die ontstaan bij de afbraak van organisch materiaal niet expliciet gemodelleerd. De reactie van deze stoffen met zuurstof is impliciet opgenomen in de hier gedefinieerde zuurstofvraag. De door het model berekende zuurstofvraag omvat dus meer dan alleen de reactie van zuurstof met organisch materiaal.

Tabel 3.1 Afname van de berekende primaire productie ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{d}$) en berekende zuurstofvraag van de bodem ($\text{gO}_2/\text{m}^2/\text{d}$) op drie locaties in de oppervlaktelaag voor de periodes januari-maart, april-juni en juli-september 2000

Periode	Dreischor		Steenbergen		VTSO-7	
	Basis	+ graas	Basis	+ graas	Basis	+ graas
Primaire productie ($\text{gC}/\text{m}^2/\text{d}$)						
Jan.-Maart	0.5	0.2 (-68%)	0.2	0.1 (-54%)	0.2	0.1 (-41%)
April-Juni	2.3	1.3 (-45%)	2.4	1.7 (-26%)	1.3	0.9 (-32%)
Juli-Sept.	1.3	1.0 (-26%)	4.8	3.5 (-27%)	3.1	2.7 (-12%)
Zuurstofvraag ($\text{gO}_2/\text{m}^2/\text{d}$)						
Jan.-Maart	-0.8	-0.8 (-4%)	-0.9	-0.9 (0%)	-1.1	-1.1 (0%)
April-Juni	-2.5	-2.1 (-18%)	-2.7	-2.5 (-7%)	-3.2	-2.9 (-9%)
Juli-Sept.	-5.1	-4.7 (-8%)	-5.5	-5.6 (+2%)	-6.7	-6.8 (+1%)

3.5 Afsluitende opmerkingen en aanbeveling

De voorverkenning laat zien dat zowel het Grevelingenmeer als het Volkerak-Zoommeer beide deltawateren in grote mate hun eigen karakter blijven behouden in vergelijking met de individuele scenario's. Het Grevelingenmeer blijft overwegend zout en stratificatie komt nauwelijks voor. De zuurstofhuishouding in de waterkolom is dan ook goed. Nutriënten die vanuit het Volkerak-Zoommeer op het Grevelingen komen verhogen wel de primaire productie en daarmee de beschikbaarheid van organisch materiaal. Het effect hiervan op de waterbodem dient nader onderzocht te worden.

In het Krammer-Volkerak ontstaat een beperkte zoutgradiënt met het laagste zoutgehalte bij de Volkeraksluizen (circa 20-22 ppt). In het verkende scenario is het oostelijk deel van de Krammer-Volkerak gestratificeerd en zuurstofarme condities treden op in de zomer in de onderlaag. De open verbinding tussen beide wateren zorgt mogelijk voor een grotere robuustheid van met name het Volkerak-Zoommeer omdat zout ook via de Brouwersdam bij de Volkeraksluizen komt. Tevens ontstaat een groter, bufferend systeem dat bovendien voor piekberging van rivierwater geschikt gemaakt kan worden.

De zuurstofhuishouding in de waterkolom van het Grevelingen-Volkerak-Zoommeer wordt gestuurd door twee factoren:

1. Door de waterbeweging ofwel het transport. De mate en duur van stratificatie bepaalt het verticale transport. Daarnaast kan horizontaal transport eveneens voor verversing van de onderlaag zorgen.
2. Door het aanbod van organisch materiaal, waarvoor de stikstofbeschikbaarheid en graas de belangrijkste factoren zijn. (Het lichtklimaat is voldoende om op jaarbasis geen sturende limitering te zijn.)

Uit deze voorverkenning blijkt dat (verticaal) transport van zuurstof de dominante factor is in de zuurstofhuishouding van de waterkolom. De (zeer beperkte) gevoeligheidsberekening laat zien dat ondanks een forse afname van de primaire productie als gevolg van graas, zuurstofarme condities in vergelijkbare mate blijven voorkomen. Deels wordt dit veroorzaakt doordat de afname van primaire productie voor de helft teniet gedaan wordt door toegenomen vastlegging in het systeem Grevelingen-Volkerak-Zoommeer. Een tweede reden is dat in de zomermaanden wanneer de zuurstofarme condities vooral optreden, de afname van primaire productie kleiner is dan in de winter en in de voorjaarspiek. Waarschijnlijk moet de beschikbaarheid van organisch materiaal nog aanzienlijk meer gereduceerd worden om zuurstofarme

condities te voorkomen. Als alternatief kan natuurlijk de mate en duur van stratificatie aangepakt worden, bijvoorbeeld door bellenschermen³.

Een vooralsnog onbeantwoorde vraag is in hoeverre het geproduceerde organisch materiaal boven de spronglaag wordt vastgelegd en afgebroken. Organisch materiaal dat boven de spronglaag wordt vastgelegd resulteert niet in zuurstofarme condities in de waterkolom⁴. Grazers zoals mosselen leven boven de spronglaag en zullen mogelijk een groter deel van het organisch materiaal boven de spronglaag vastleggen (onder andere in biomassa en minder snel afbreekbaar materiaal) en dus zuurstofproblemen onder de spronglaag helpen voorkomen. De gekozen wijze om graas te simuleren door middel van de valsnelheid neemt dit mechanisme niet mee. Mogelijk wordt de flux van organisch materiaal door de spronglaag naar diepere delen daardoor overschat. In welke mate dit het geval zou zijn en hoeverre dit effect heeft op de berekende zuurstofhuishouding in de waterkolom is niet bekend.

Deze voorverkenning heeft enig licht geworpen op de niet lineaire relatie tussen primaire productie – al dan niet beperkt door graasdruk – en de zuurstofhuishouding in de waterkolom. Het vrijwel ontbreken van een relatie zoals in de uitgevoerde gevoeligheidsberekening achten wij een (veel) te smalle basis voor definitieve conclusies. Niet lineaire relaties zijn echter wel te verwachten gezien het complexe samenspel van gradiënten in ruimte en tijd en de diverse terugkoppelingen tussen processen zoals graas, mineralisatie en primaire productie. Een aanvullende quickscan (Appendix B) op basis van een eenvoudig spreadsheet model bevestigt dit. Gezien het belang dat wordt gehecht aan graascontrole als middel voor een goede zuurstofhuishouding bevelen wij aan om meer grip te krijgen op deze niet lineaire relaties.

We benadrukken dat de uitgevoerde studie een voorverkenning is. De uitkomsten van de studie zullen daardoor input geven aan een nuttige en noodzakelijke discussie. De mate en duur van het voorkomen van zuurstofarme condities kan veranderen onder invloed van voortschrijdend inzicht en/of nader onderzoek, maar het voorkomen van zuurstofarme condities schatten wij in als zeer waarschijnlijk indien mate en duur van stratificatie gelijk blijven.

³ *Recente proeven in de Vlietlanden, een circa diepe zandwinplas (afmetingen 0,5 km×2 km) bij Voorschoten, laten zien dat al met een beperkte pompcapaciteit stratificatie kan worden voorkomen.*

⁴ *In het huidige Grevelingenmeer zijn overigens indicaties dat de organisch materiaal belasting wel degelijk een negatief effect kan hebben op de waterbodem boven de spronglaag. Voldoende zuurstof in de waterkolom is geen garantie voor een goede ecologische toestand van de waterbodem.*

4 Literatuur

Deltacommissie, 2008: Samen werken met water; Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst, Bevindingen van de Deltacommissie 2008, september 2008, ISBN/EAN 978-90-9023484-7 (www.deltacommissie.com)

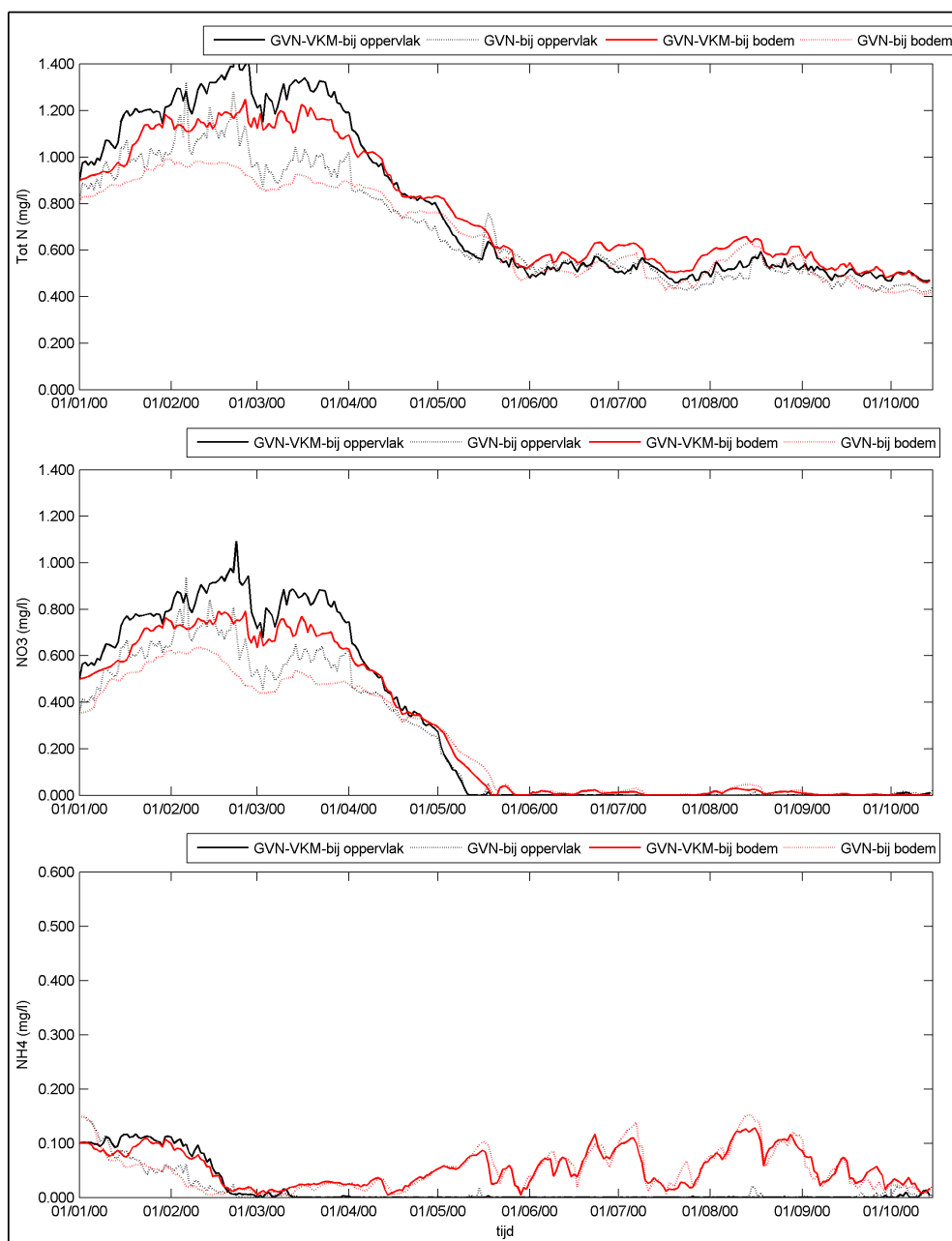
Deltares, 2008a: Waterkwaliteit en ecotopen in een zout Volkerak-Zoommeer, Planstudie Volkerak-Zoommeer; Rapportnummer Q4448, Erwin Meijers *et al.*, juni 2008

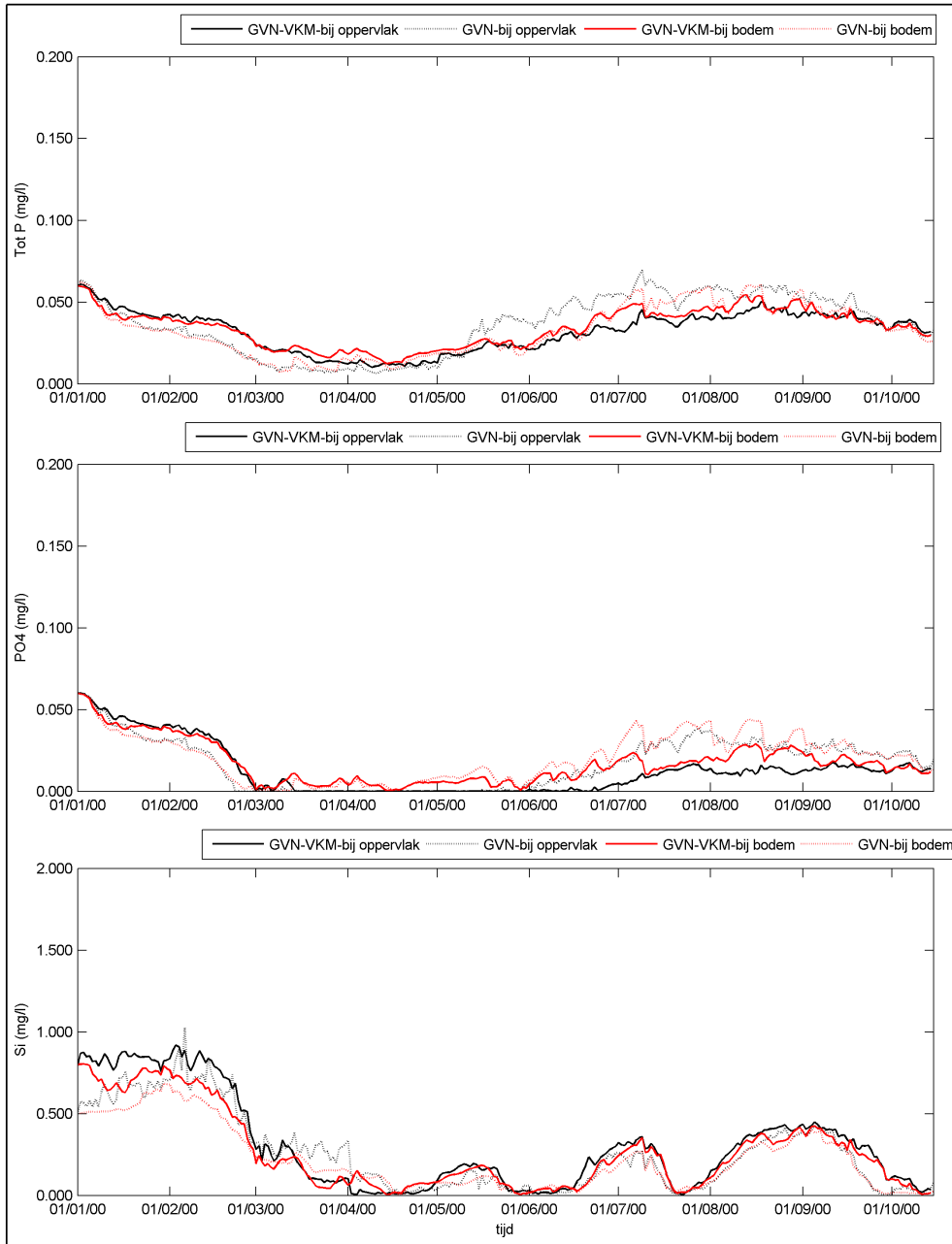
Deltares, 2008b: Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer, Verkenning Grevelingen, water en getij; Rapportnummer Z4576, Arno Nolte *et al.*, oktober 2008

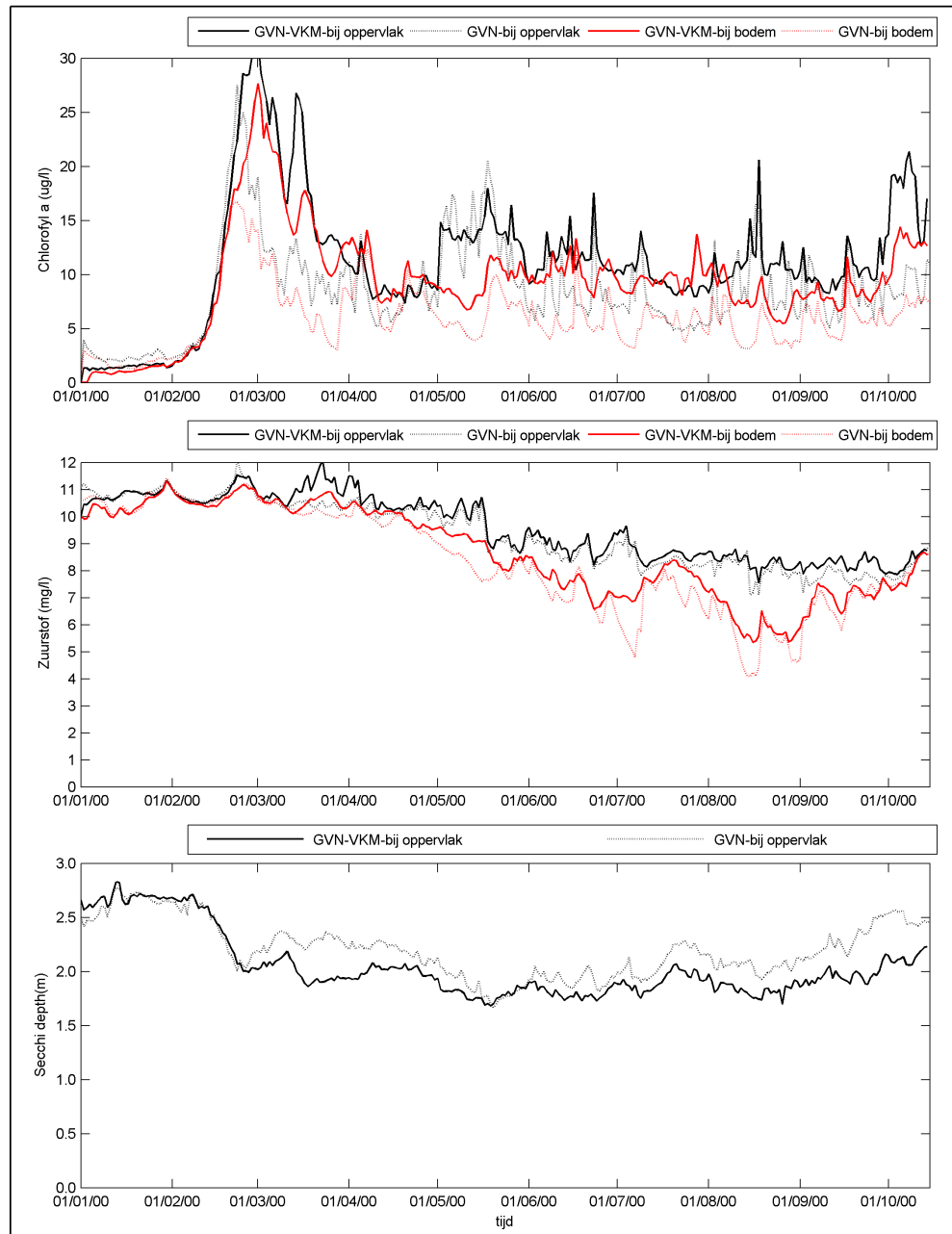
Witteveen+Bos, 2008: Notitie bouwstenen en kansrijke oplossingsrichtingen, Onderdeel Verkenning Grevelingen, Drs. L.G. Turlings *et al.*, Eindconcept 7 november 2008

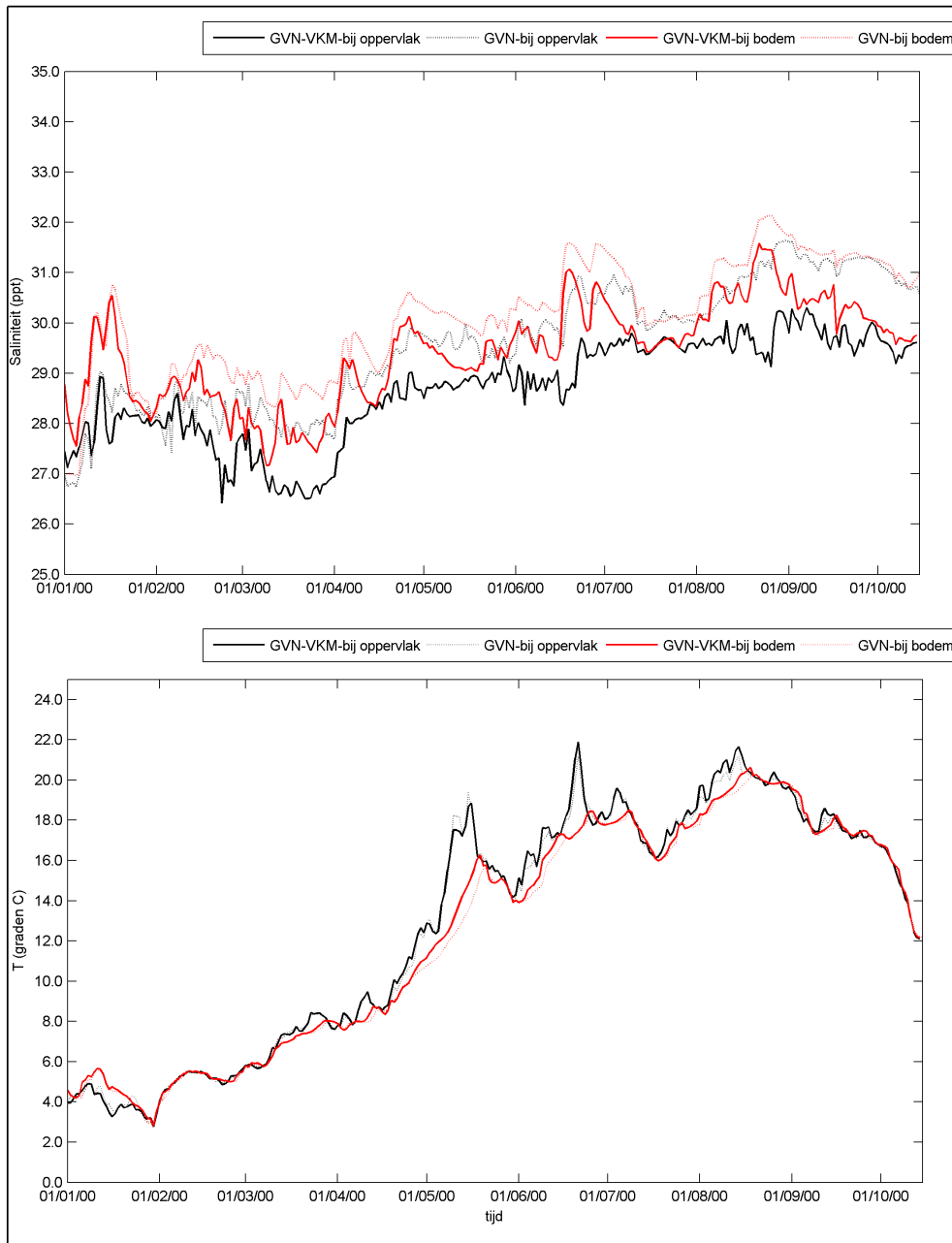
A Tijdsree GEM Grevelingen-Volkerak-Zoommeer

Berekende concentraties op locatie Dreischor
Scenario: Basis

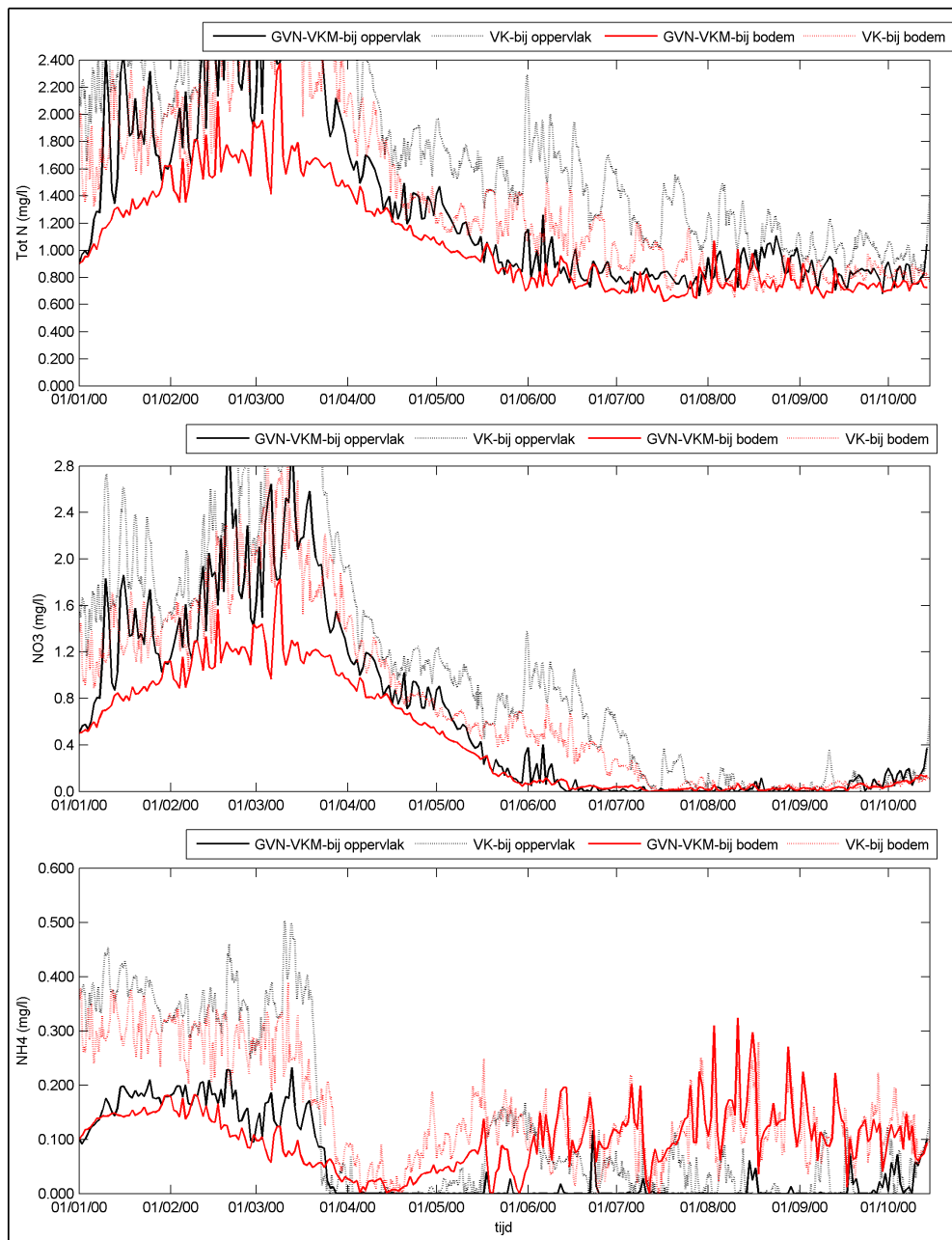


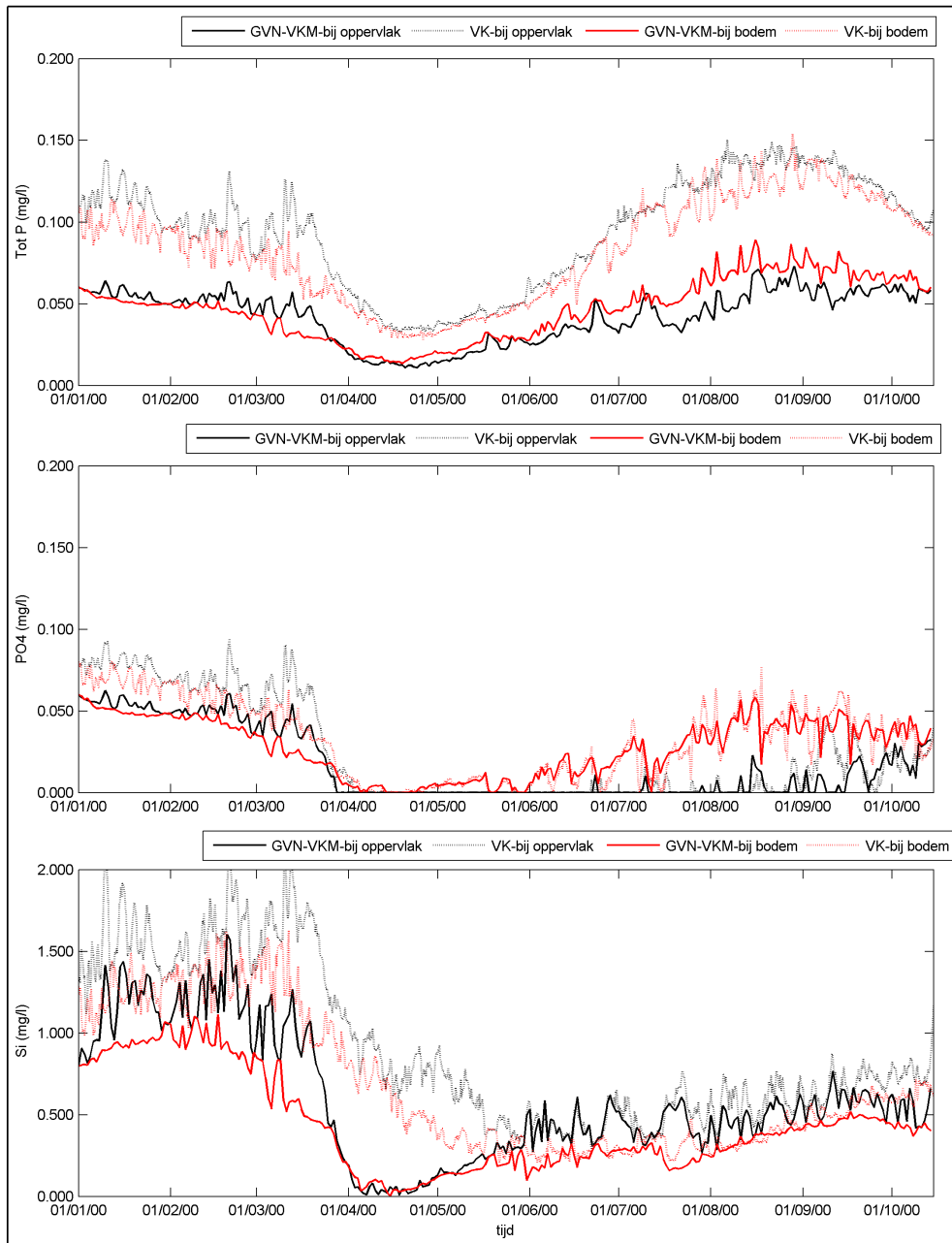


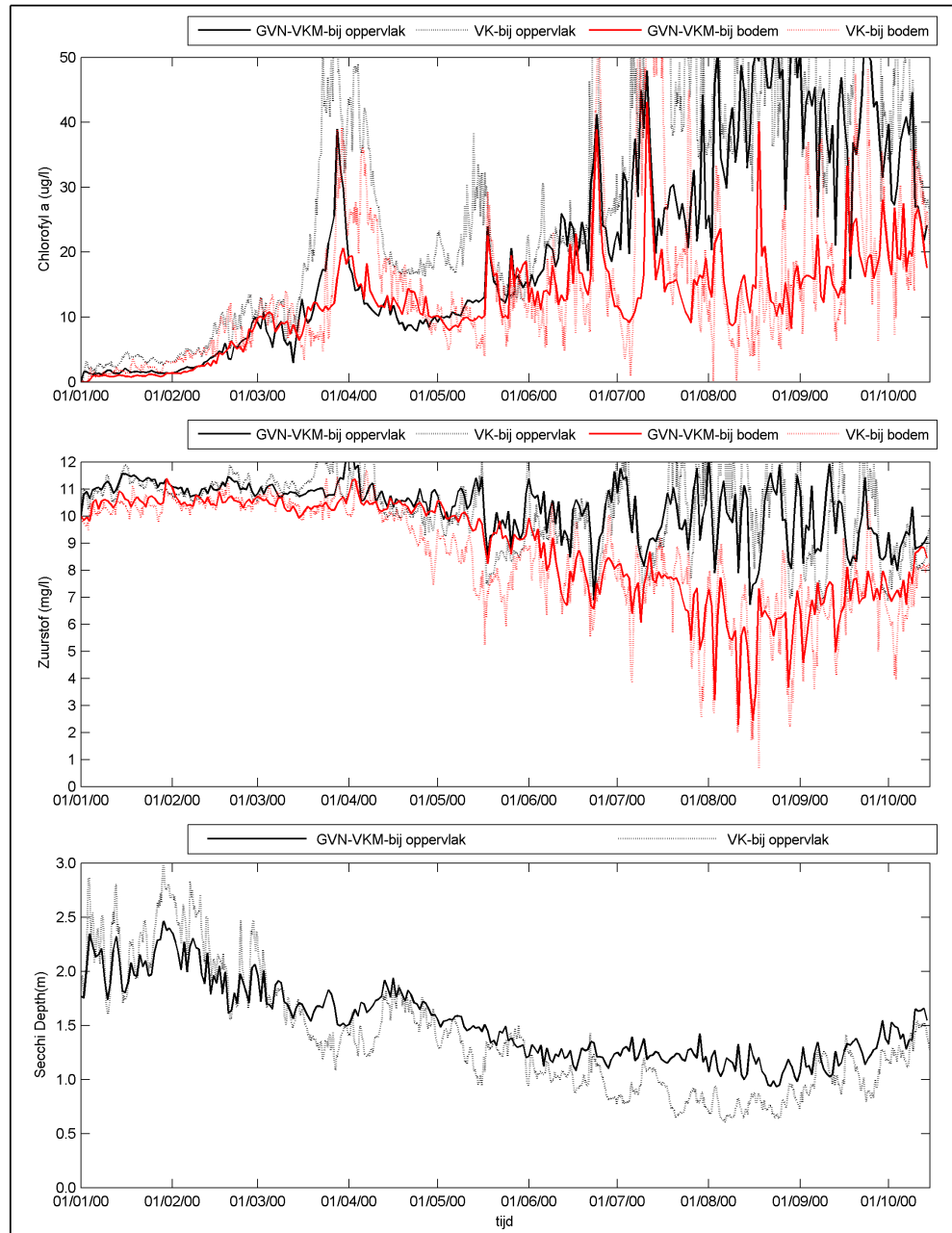


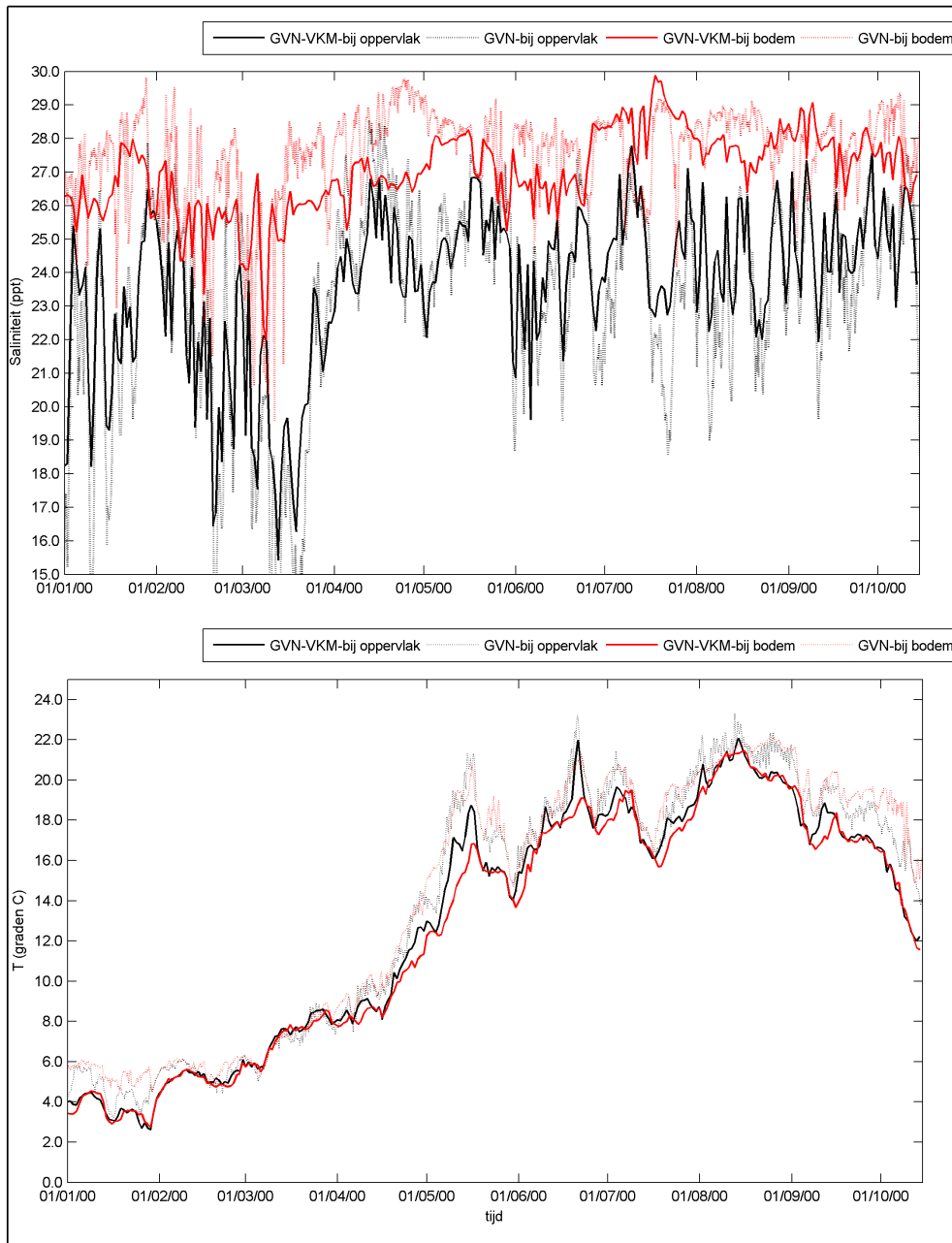


Berekende concentraties op locatie Steenberg Scenario: Basis

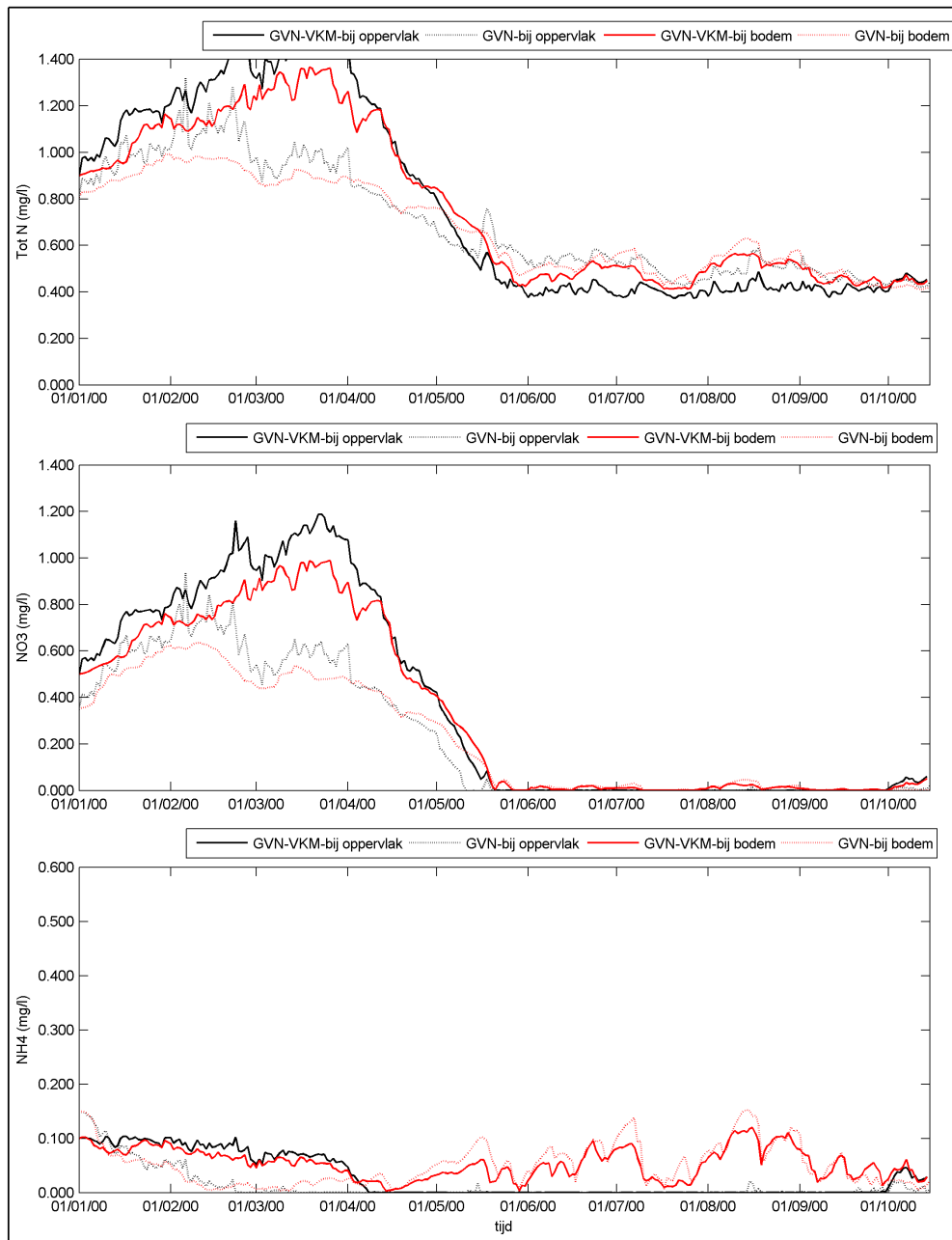


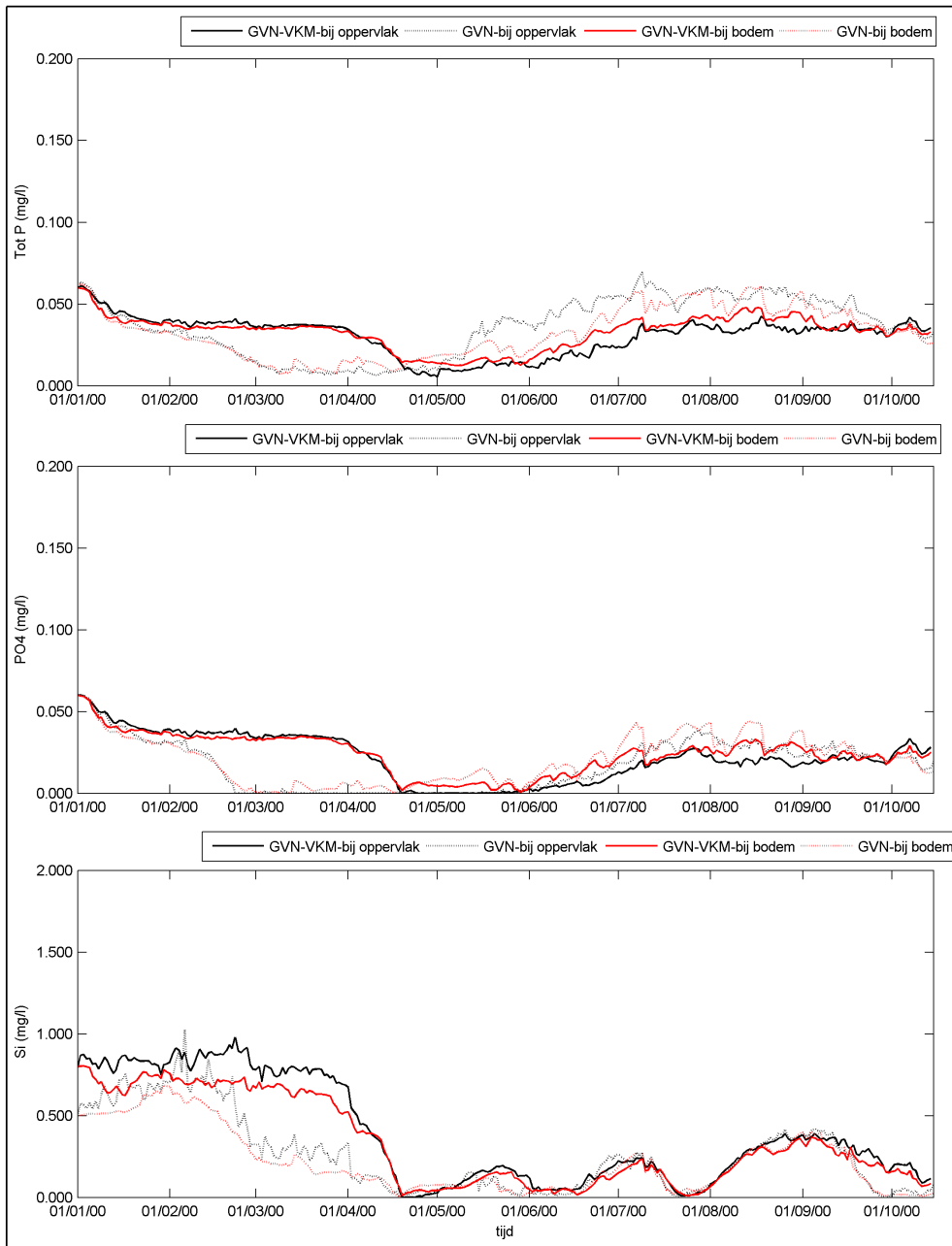


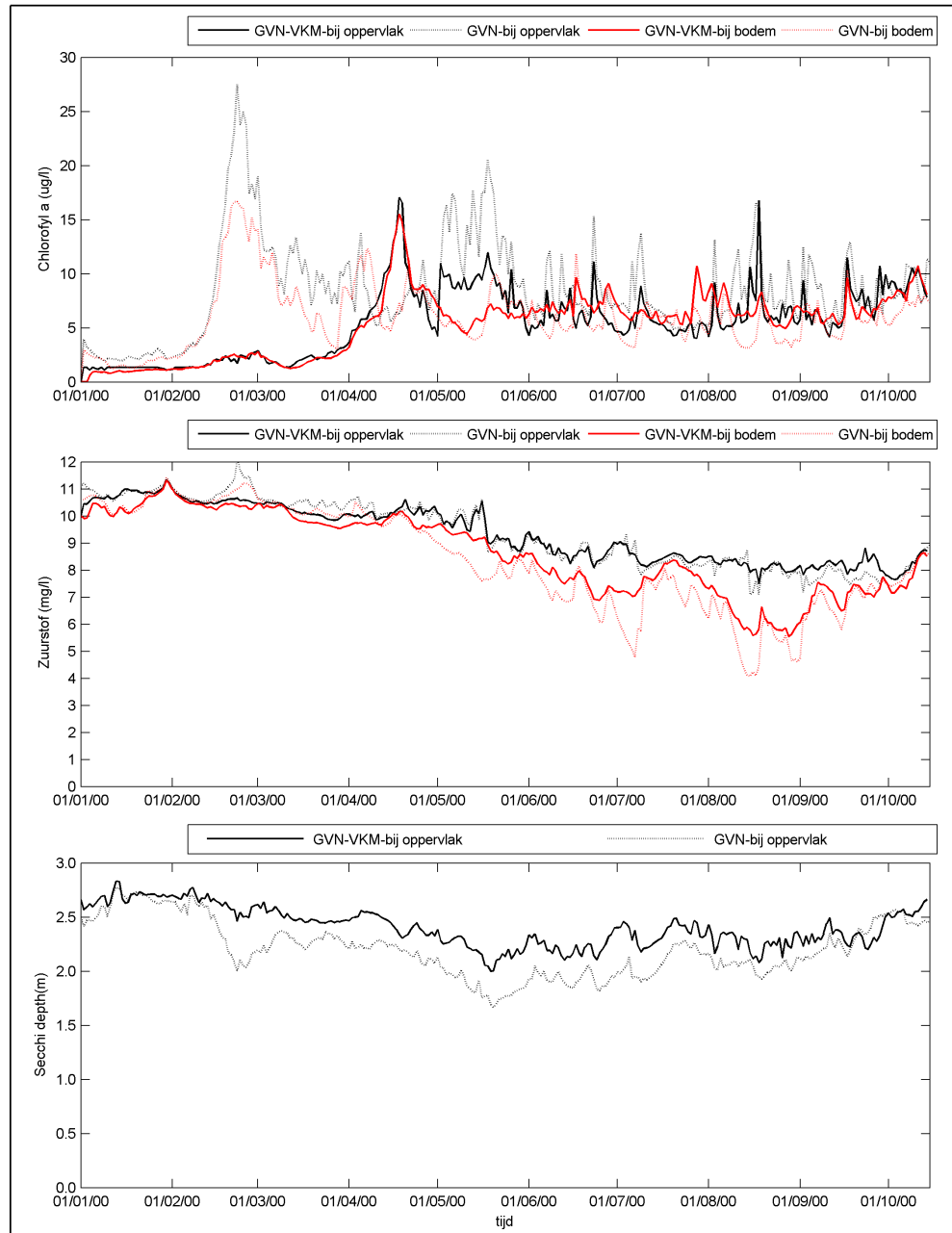


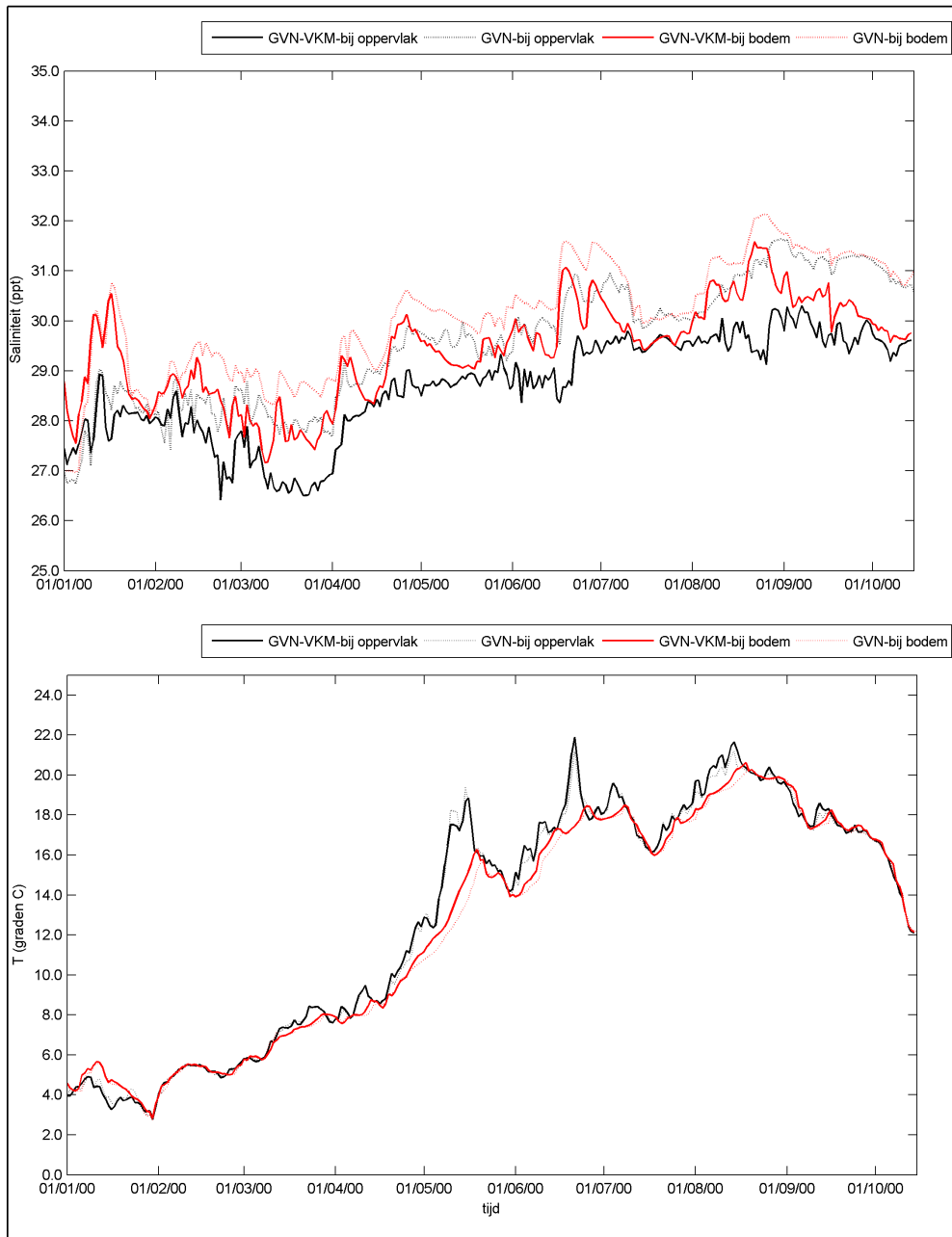


Berekende concentraties op locatie Dreischor Scenario: + Graas



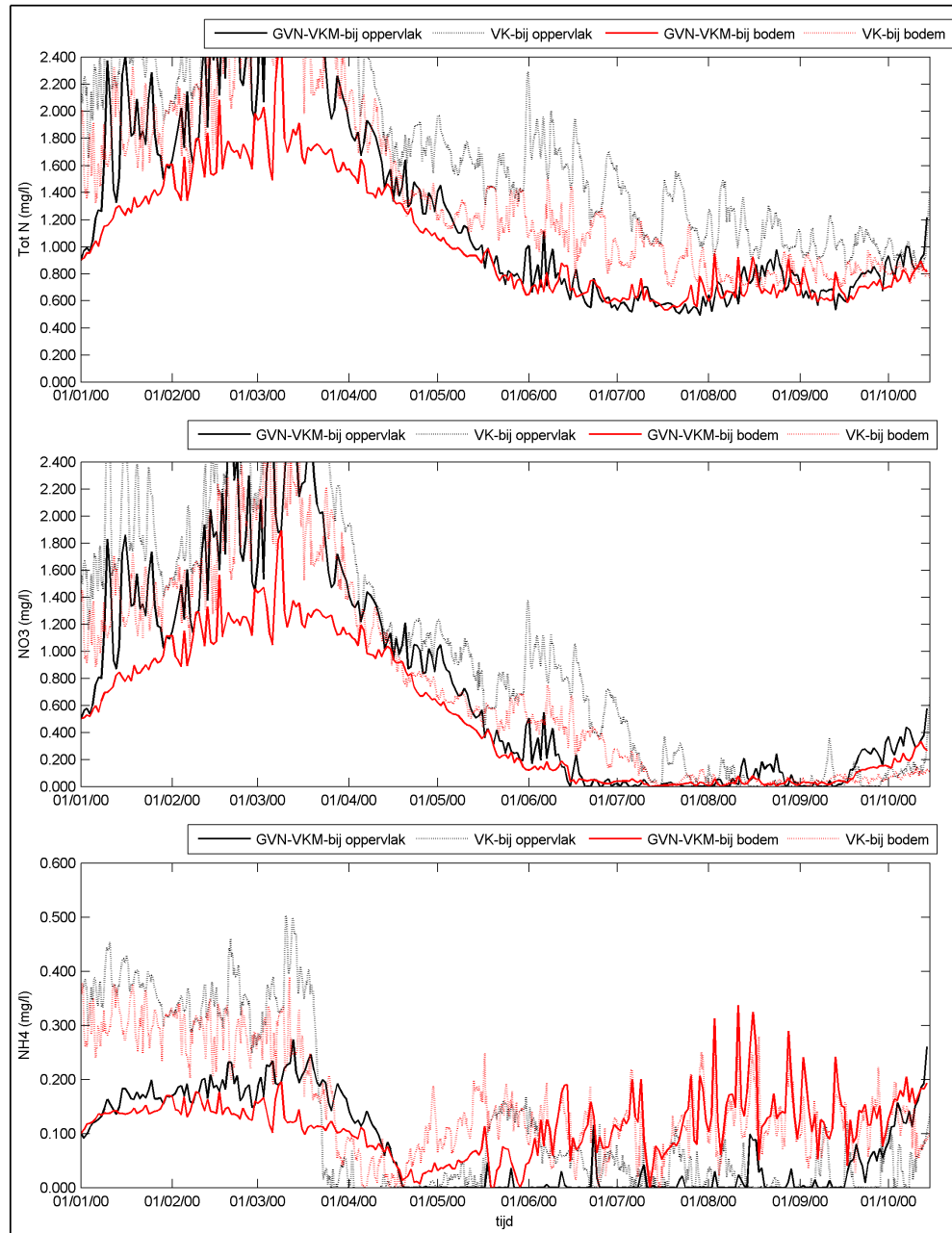


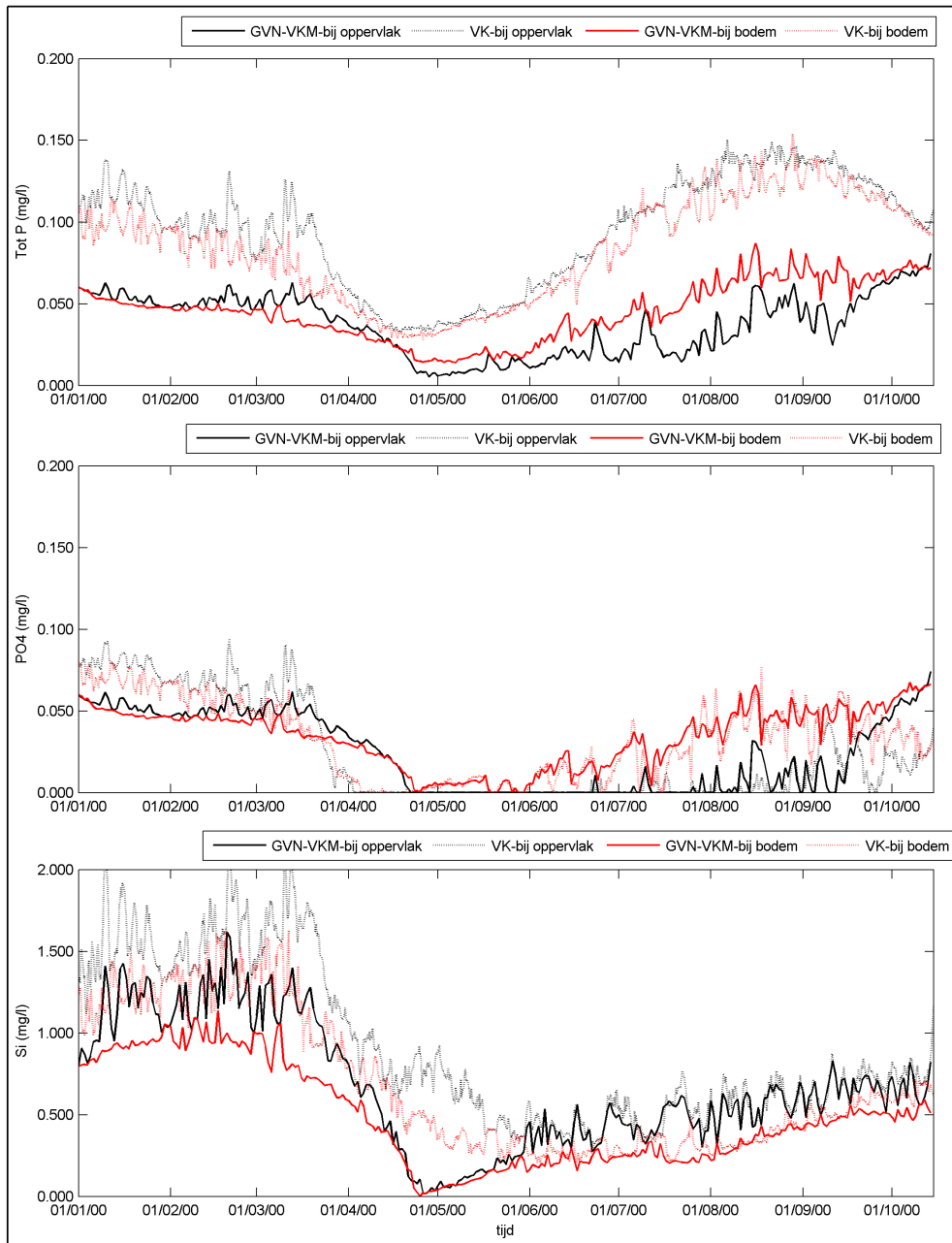


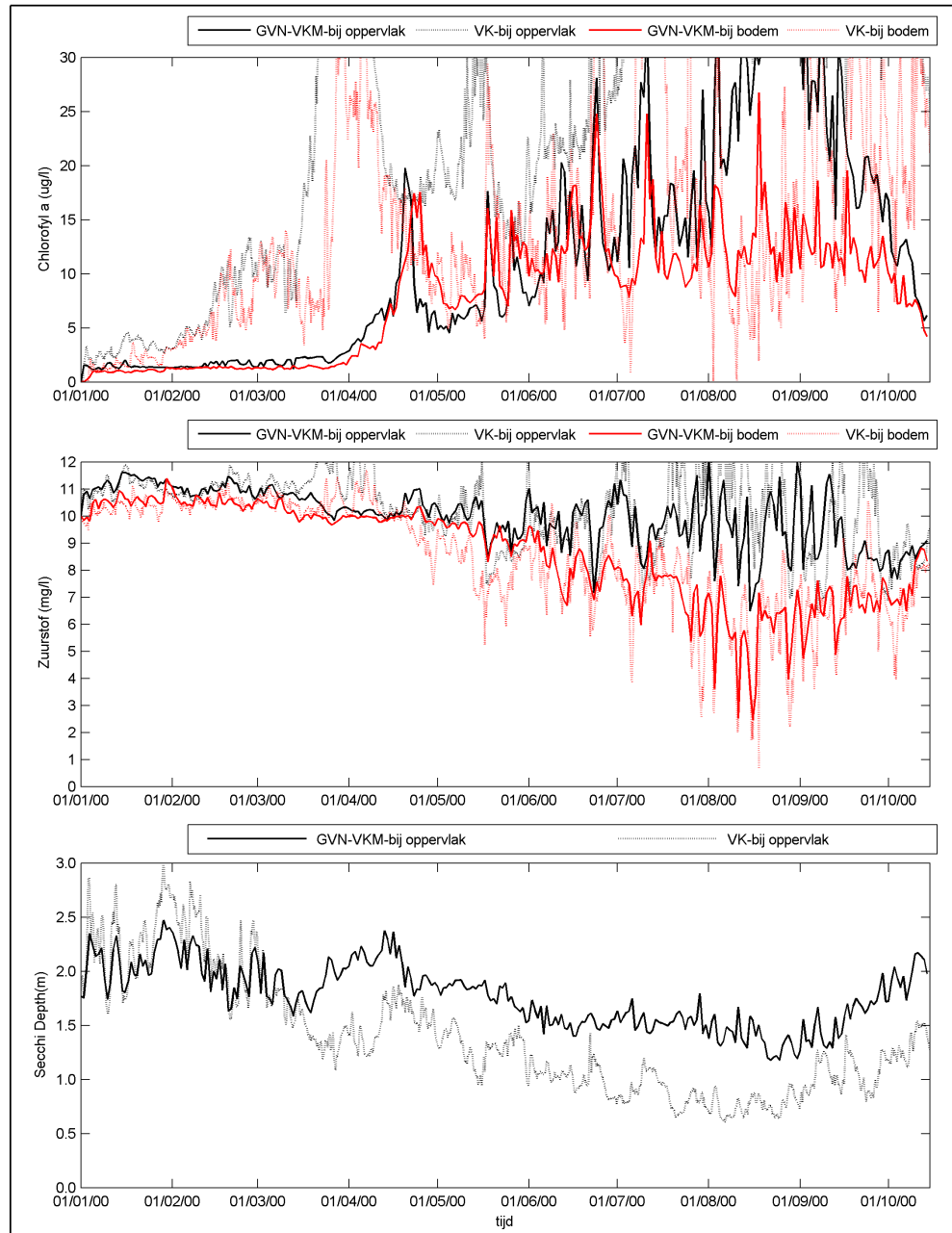


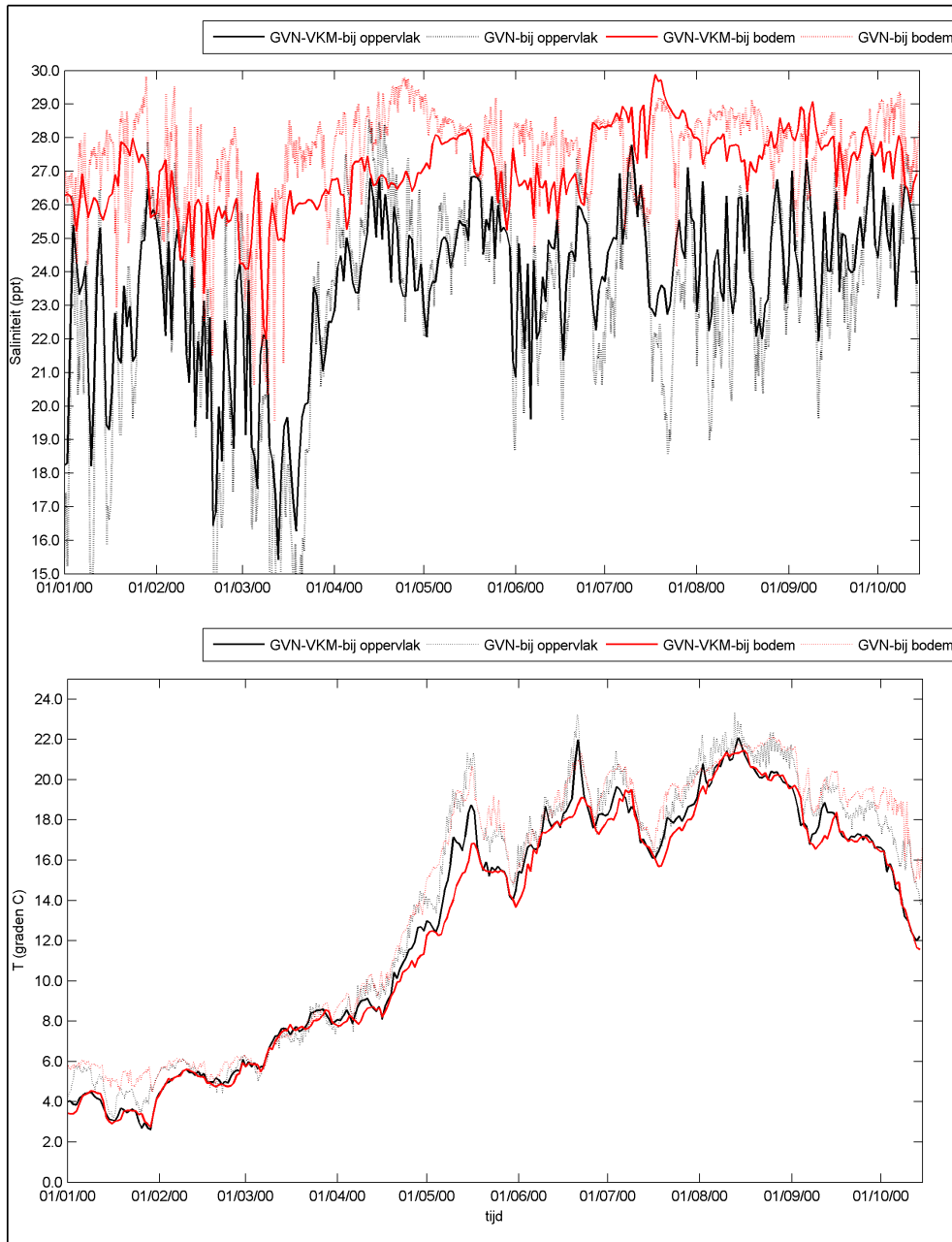
.....

Berekende concentraties op locatie Steenberg
Scenario: + Graas









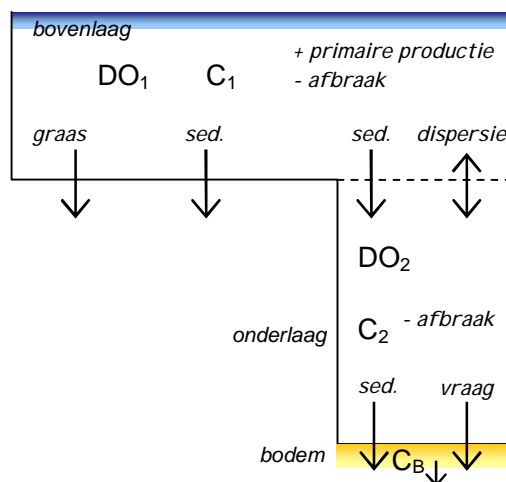
B Memo: Quick-scan van de relatie tussen graas en zuurstofhuishouding

Aan
Herman Haas, Hans van Pagee, Ies de Vries
Datum
26 februari 2009
Aantal pagina's
68

Van
Arno Nolte
Doorkiesnummer
(015) 28 58 430
E-mail
arno.nolte@deltares.nl

Onderwerp
Relatie Graas, Stratificatie en Zuurstofloosheid - Een quick-scan

Onlangs heb ik jullie het concept rapport over de Grevelingen-Volkerak-Zoommeer modellering toegezonden. Tentatief concluderen wij daarin dat het voorkomen van zuurstofarme condities in de onderlaag bij de Volkeraksluizen zeer waarschijnlijk is. Geconcludeerd werd verder dat de relatie tussen graas, primaire productie en zuurstofloosheid niet lineair is. Nader onderzoek wordt echter aanbevolen om deze relatie te kwantificeren. In 2009 worden bij Deltares meerdere onderzoeken uitgevoerd die meer inzicht kunnen geven. Vooruitlopend daarop wordt in dit memo door middel van een quick-scan getracht het belang van verschil factoren te onderscheiden. Daarvoor is het onderstaande conceptuele model uitgewerkt.



$$DO_1 = 10 \text{ g / m}^3$$

$$\frac{dC_1}{dt} = \text{primaire productie} - \text{graas} - \text{sedimentatie} - \text{afbraak}$$

$$\frac{dC_2}{dt} = \text{sedimentatie vanuit bovenlaag} - \text{afbraak} - \text{sedimentatie}$$

$$\frac{dC_B}{dt} = \text{sedimentatie} - \text{afbraak} - \text{burial}$$

$$\frac{dDO_2}{dt} = \text{verticale dispersie} - \text{afbraak} - \text{bodenvraag}$$

$$C_1 = \text{Organisch koolstof in de bovenlaag (g/m}^3\text{)}$$

$$C_2 = \text{Organisch koolstof in de onderlaag (g/m}^3\text{)}$$

$$C_B = \text{Organisch koolstof in de bodem (g/m}^2\text{)}$$

$$DO_1 = \text{Opgelost zuurstof in de bovenlaag (g/m}^3\text{)}$$

$$DO_2 = \text{Opgelost zuurstof in de onderlaag (g/m}^3\text{)}$$

De dispersieve flux van organisch materiaal over de spronglaag wordt verwaarloosd. Aangenomen wordt dat geen graas onder de spronglaag plaatsvindt. Onder aanname van steady state kunnen bovenstaande vergelijkingen gelijk aan nul gesteld worden. Op basis van eenvoudige vergelijkingen voor procesfluxen kan vervolgens afgeleid worden hoe de concentratie afhangt van diverse karakteristieken zoals de mate van stratificatie, de graasfiltratiesnelheid en de valsnelheid. De concentraties van achtereenvolgens C_1 , C_2 , C_B en DO_2 zijn:

$$C_1 = \frac{\frac{PP}{h_1}}{\frac{R_G}{h_1} \times (1-f) + \frac{V_{sed}}{h_1} + R_c}$$

$$C_2 = C_1 \times \frac{\frac{V_{sed}}{h_2}}{\frac{V_{sed}}{h_2} + R_c}$$

$$C_B = \frac{C_2 \times V_{sed}}{R_{CB} + V_{bur}}$$

$$DO_2 = \frac{DO_1 \times \frac{D}{h_2} - C_2 \times 2,67 \times R_c - C_B \times 2,67 \times \frac{R_{CB}}{h_2}}{\frac{D}{h_2}}$$

met:

PP	=	primaire productie (g/m ² /d)
h_1	=	dikte van de bovenlaag (m)
h_2	=	dikte van de onderlaag (m)
f	=	fractie van het totale horizontale oppervlak met een onderlaag (-)
R_G	=	graasfiltratiesnelheid (m ³ /m ² /d)
R_c	=	afbraaksnelheid organisch materiaal in de waterkolom (1/d)
R_{CB}	=	afbraaksnelheid organisch materiaal in de bodem (1/d)
V_{sed}	=	valsnelheid (m/d)
V_{bur}	=	begravingssnelheid (burial) (m/d)
D	=	Verticale dispersie (m ₂ /d)

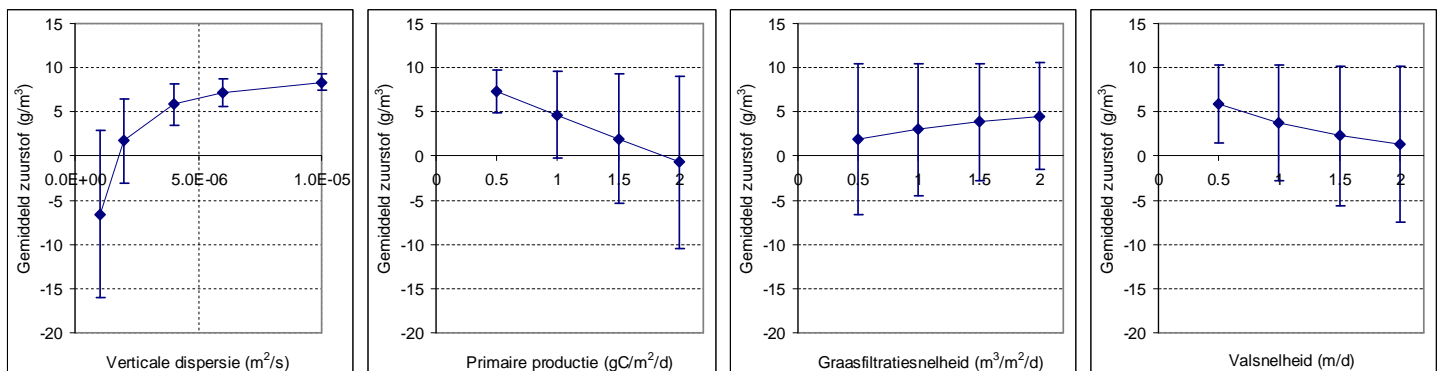
Uit bovenstaande vergelijking valt direct af te leiden dat de concentratie van organisch materiaal in de bovenlaag (C_1) uitsluitend afhankelijk is van 'externe' factoren. Dit komt voornamelijk door de versimpelde aanname in deze quick-scan dat primaire productie niet gekoppeld is aan andere factoren zoals nutriëntbeschikbaarheid, graas, etc. Met andere woorden: dit conceptuele model bevat geen terugkoppeling tussen primaire productie en andere factoren.

Vervolgens is het gedrag van bovenstaande set vergelijkingen onderzocht door alle onderstaande combinaties te berekenen:

- Dikte bovenlaag: 5 - 8 m
- Dikte onderlaag: 6 - 10 m
- fractie met onderlaag: 0,1 - 0,2 - 0,3 - 0,4 - 0,5 (-)

- Verticale dispersie: 1×10^{-6} - 2×10^{-6} - 4×10^{-6} - 6×10^{-6} - 1×10^{-5} m²/s
- Primaire productie: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 g/m²/d
- Afbraak organisch materiaal: 0,06 - 0,12 1/d
- Afbraak organisch materiaal bodem: 0,04 - 0,02 1/d
- Valsnelheid: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 m/d
- Burial snelheid: 0 - 0,005 m/d
- Graasfiltratiesnelheid: 0,5 - 1 - 1,5 - 2 m³/m²/d

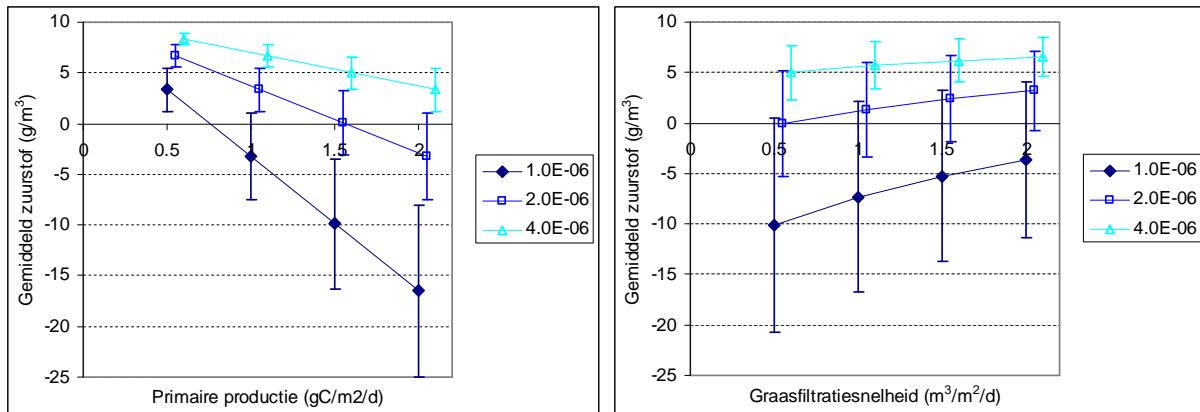
Op basis van eenvoudige regressie blijken de verticale dispersie en de primaire productie de beste correlatie met de zuurstofconcentratie in de onderlaag te vertonen. De valsnelheid van organisch materiaal en de graasfiltratiesnelheid hebben een zwakke correlatie. Onderstaand figuur toont de gemiddelde zuurstofconcentratie⁵ en de standaarddeviatie als functie van deze vier parameters. Hieruit blijkt dat voor een lage zuurstofconcentratie in de onderlaag een lage verticale dispersie en een hogere primaire productie nodig zijn. Een lage valsnelheid van organisch materiaal (0,5 m/d) resulteert in relatief weinig zuurstofarme condities. Tot slot blijkt dat een hoge graasfiltratiesnelheid geen garantie biedt tegen zuurstofloze condities.



Als we nu verder inzoomen op lage waarden voor de verticale dispersie (dat wil zeggen op gestratificeerde omstandigheden) ontstaan de volgende figuren⁶:

⁵ Als een negatieve zuurstofconcentratie berekend wordt, moet dit geïnterpreteerd worden als een tekort aan zuurstof. Afbraak van organisch materiaal vindt dan plaats door onder andere denitrificatie en sulfaatreductie. Het negatief zuurstof duidt op de aanwezigheid van gereduceerde componenten als sulfide.

⁶ Let op: Voor de leesbaarheid van de figuren zijn twee lijnen verschoven ten opzichte van de x-as.



Hieruit valt af te leiden dat bij een geringere stratificatie ($4 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) en een hogere primaire productie al zuurstofarme condities kunnen ontstaan. (De hier gekozen hoogste primaire productie van $2 \text{ gC}/\text{m}^2/\text{d}$ kan in de zomerperiode in het Krammer-Volkerak nog overschreden worden en is dus niet excessief.) De graasfiltratiesnelheid heeft een positief effect op de zuurstofconcentratie, maar bij gestratificeerde condities is een hoge graasfiltratiesnelheid niet voldoende om lage zuurstofconcentraties te voorkomen.

Conclusie

De uitgevoerde quick-scan geeft een eerste gekwantificeerd inzicht in de relatie tussen de graasfiltratiesnelheid en de zuurstofconcentratie in de onderlaag. Hoewel in deze quick-scan vele vereenvoudigingen en aannames zijn toegepast, resulteert het in verklaarbaar gedrag. De quick-scan geeft geen definitief antwoord op de vraag of graasdruk zuurstofloosheid van de onderlaag kan voorkomen, maar wijst wel degelijk risicovolle condities aan. Deze betreffen in essentie een gestratificeerde waterkolom in combinatie met een hogere primaire productie. Verwacht wordt dat aan zowel de gestratificeerde condities als een voldoende hoge primaire productie in het oostelijk deel van de Krammer-Volkerak voldaan wordt, zodat het voorkomen van zuurstofloze condities in de onderlaag als zeer waarschijnlijk wordt beoordeeld. Graasdruk kan mogelijk het areaal beperken, maar voorkomen lijkt onwaarschijnlijk.

Kopie aan
Cluadette Spiteri, Jos van Gils, Hans Los

C Parameterinstelling(en) GEM

(GVN=Grevelingen; VKM=Volkerak-Zoommeer)

Parameter	Waarde	Oprmerking
AAP	0.000E+00	substantie in VKM
AlgFrBOD	5.000E-01	niet in VKM
ChlaCDIN_E	2.280E-02	2.860e-02 in VKM
ChlaCDIN_N	1.000E-02	7.300e-02 in VKM
ChlaCDIN_P	1.000E-02	7.300e-02 in VKM
ChlaCGRE_E	3.300E-02	
ChlaCGRE_N	2.500E-02	
ChlaCGRE_P	2.500E-02	
ChlaCMDI_E	5.300E-02	4.000e-02 in VKM
ChlaCMDI_N	1.500E-02	2.500e-02 in VKM
ChlaCMDI_P	1.500E-02	2.500e-02 in VKM
ChlaCMFL_E	2.280E-02	2.860e-02 in VKM
ChlaCMFL_N	1.000E-02	1.670e-02 in VKM
ChlaCMFL_P	1.000E-02	1.670e-02 in VKM
ChlaCMIC_E	3.300E-02	
ChlaCMIC_N	3.300E-02	
ChlaCMIC_P	2.000E-02	
ChlaCPHA_E	2.280E-02	niet in VKM
ChlaCPHA_N	1.250E-02	niet in VKM
ChlaCPHA_P	1.250E-02	niet in VKM
CLOSE_ERR	1.000E+00	
COXDEN	1.010E+02	niet in VKM
COXNit	-1.000E+00	niet in VKM
CRTemp	-1.000E+00	niet in VKM
CTMin	-1.000E+00	3.000e+00 in VKM
CTNit	-1.000E+00	3.000e+00 in VKM
Disp3	1.000E-07	1.000e-06 in VKM
DMCFDIN_E	2.500E+00	
DMCFDIN_N	2.500E+00	
DMCFDIN_P	2.500E+00	
DMCFGRE_E	2.500E+00	
DMCFGRE_N	2.500E+00	
DMCFGRE_P	2.500E+00	
DMCFMDI_E	3.000E+00	
DMCFMDI_N	3.000E+00	
DMCFMDI_P	3.000E+00	
DMCFMFL_E	2.500E+00	
DMCFMFL_N	2.500E+00	
DMCFMFL_P	2.500E+00	
DMCFMIC_E	2.500E+00	
DMCFMIC_N	2.500E+00	

DMCFMIC_P	2.500E+00	
DMCFPHA_E	2.500E+00	niet in VKM
DMCFPHA_N	2.500E+00	niet in VKM
DMCFPHA_P	2.500E+00	niet in VKM
ExtVIBak	2.000E-01	
ExtVIDetC	1.000E-01	
ExtVIDIN_E	2.000E-01	
ExtVIDIN_N	1.750E-01	
ExtVIDIN_P	1.750E-01	
ExtVIGRE_E	2.250E-01	
ExtVIGRE_N	1.875E-01	
ExtVIGRE_P	1.875E-01	
ExtVIIM1	2.500E-02	1.000e-02 in VKM
ExtVIIM2	2.500E-02	niet in VKM
ExtVIMDI_E	2.400E-01	
ExtVIMDI_N	2.100E-01	
ExtVIMDI_P	2.100E-01	
ExtVIMFL_E	2.500E-01	
ExtVIMFL_N	2.250E-01	
ExtVIMFL_P	2.250E-01	
ExtVIMIC_E	4.000E-01	
ExtVIMIC_N	2.875E-01	
ExtVIMIC_P	2.875E-01	
ExtVIPHA_E	4.500E-01	niet in VKM
ExtVIPHA_N	4.125E-01	niet in VKM
ExtVIPHA_P	4.125E-01	niet in VKM
ExtVLSal0	9.700E-01	1.000e+00 in VKM
FETCH	1.000E+03	WFetch=1.000e-08 in VKM
FNCRGRE_E	-1.000E+00	niet in VKM
FNCRGRE_N	-1.000E+00	niet in VKM
FNCRGRE_P	-1.000E+00	niet in VKM
FNCRMIC_E	-1.000E+00	niet in VKM
FNCRMIC_N	-1.000E+00	niet in VKM
FNCRMIC_P	-1.000E+00	niet in VKM
FrAutDIN_E	3.000E-01	
FrAutDIN_N	3.000E-01	
FrAutDIN_P	3.000E-01	
FrAutGRE_E	3.000E-01	
FrAutGRE_N	3.000E-01	
FrAutGRE_P	3.000E-01	
FrAutMDI_E	3.000E-01	
FrAutMDI_N	3.000E-01	
FrAutMDI_P	3.000E-01	
FrAutMFL_E	3.000E-01	
FrAutMFL_N	3.000E-01	
FrAutMFL_P	3.000E-01	

FrAutMIC_E	3.000E-01	
FrAutMIC_N	3.000E-01	
FrAutMIC_P	3.000E-01	
FrAutPHA_E	3.000E-01	
FrAutPHA_N	3.000E-01	
FrAutPHA_P	3.000E-01	
FrDetDIN_E	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetDIN_N	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetDIN_P	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetGRE_E	5.500E-01	
FrDetGRE_N	5.500E-01	
FrDetGRE_P	5.500E-01	
FrDetMDI_E	7.000E-01	
FrDetMDI_N	7.000E-01	5.500 E-01 in VKM
FrDetMDI_P	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetMFL_E	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetMFL_N	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetMFL_P	7.000E-01	5.500e-01 in VKM
FrDetMIC_E	6.200E-01	
FrDetMIC_N	6.200E-01	
FrDetMIC_P	6.200E-01	
FrDetPHA_E	7.000E-01	niet in VKM
FrDetPHA_N	7.000E-01	niet in VKM
FrDetPHA_P	7.000E-01	niet in VKM
fSODaut	0.000E+00	niet in VKM
IM1	4.000E+00	substantie in VKM
IM1S1	1.165E+14	substantie in VKM
InitDepth	-1.000E+00	niet in VKM
IterationReport	0.000E+00	
KdPO4AAP	1.000E-01	
KLRear	4.000E+00	
Latitude	5.210E+01	niet in VKM
MaxIter	1.000E+02	
MaxPO4AAP	5.000E-03	niet in VKM
MaxThS1	1.000E+06	5.000e-02 in VKM
MaxVeloc	0.000E+00	niet in VKM
MinDepth	1.000E-01	1.000e-03 in VKM
Mort0DIN_E	7.500E-02	
Mort0DIN_N	8.000E-02	
Mort0DIN_P	8.000E-02	
Mort0GRE_E	4.200E-01	
Mort0GRE_N	5.400E-01	
Mort0GRE_P	5.400E-01	
Mort0MDI_E	7.000E-02	
Mort0MDI_N	8.000E-02	
Mort0MDI_P	8.000E-02	

Mort0MFL_E	7.000E-02	
Mort0MFL_N	8.000E-02	
Mort0MFL_P	8.000E-02	
Mort0MIC_E	4.200E-01	
Mort0MIC_N	4.200E-01	
Mort0MIC_P	5.400E-01	
Mort0PHA_E	7.000E-02	niet in VKM
Mort0PHA_N	8.000E-02	niet in VKM
Mort0PHA_P	8.000E-02	niet in VKM
Mort2DIN_E	9.000E-01	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2DIN_N	9.000E-01	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2DIN_P	9.000E-01	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2GRE_E	3.500E-02	
Mort2GRE_N	4.500E-02	
Mort2GRE_P	4.500E-02	
Mort2MDI_E	8.400E-01	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MDI_N	1.280E+00	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MDI_P	1.280E+00	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MFL_E	8.400E-01	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MFL_N	1.280E+00	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MFL_P	1.280E+00	niet in VKM; 0.000E-00 in GVN
Mort2MIC_E	3.500E-02	
Mort2MIC_N	3.500E-02	
Mort2MIC_P	4.500E-02	
Mort2PHA_E	0.000E+00	niet in VKM
Mort2PHA_N	0.000E+00	niet in VKM
Mort2PHA_P	0.000E+00	niet in VKM
MRespDIN_E	6.000E-02	
MRespDIN_N	6.000E-02	
MRespDIN_P	6.000E-02	
MRespGRE_E	3.100E-02	
MRespGRE_N	3.100E-02	
MRespGRE_P	3.100E-02	
MRespMDI_E	6.000E-02	
MRespMDI_N	6.000E-02	
MRespMDI_P	6.000E-02	
MRespMFL_E	6.000E-02	
MRespMFL_N	6.000E-02	
MRespMFL_P	6.000E-02	
MRespMIC_E	1.200E-02	
MRespMIC_N	1.200E-02	
MRespMIC_P	1.200E-02	

MRespPHA_E	6.000E-02	
MRespPHA_N	6.000E-02	
MRespPHA_P	6.000E-02	
MrtB1DIN_E	2.000E-03	
MrtB1DIN_N	2.000E-03	
MrtB1DIN_P	2.000E-03	
MrtB1GRE_E	2.000E-03	
MrtB1GRE_N	2.000E-03	
MrtB1GRE_P	2.000E-03	
MrtB1MDI_E	2.000E-03	
MrtB1MDI_N	2.000E-03	
MrtB1MDI_P	2.000E-03	
MrtB1MFL_E	2.000E-03	
MrtB1MFL_N	2.000E-03	
MrtB1MFL_P	2.000E-03	
MrtB1MIC_E	1.000E-03	
MrtB1MIC_N	1.000E-03	
MrtB1MIC_P	1.000E-03	
MrtB1PHA_E	2.000E-03	niet in VKM
MrtB1PHA_N	2.000E-03	niet in VKM
MrtB1PHA_P	2.000E-03	niet in VKM
MrtB2DIN_E	8.000E+03	
MrtB2DIN_N	8.000E+03	
MrtB2DIN_P	8.000E+03	
MrtB2GRE_E	1.150E+04	
MrtB2GRE_N	1.150E+04	
MrtB2GRE_P	1.150E+04	
MrtB2MDI_E	8.000E+03	
MrtB2MDI_N	8.000E+03	
MrtB2MDI_P	8.000E+03	
MrtB2MFL_E	8.000E+03	
MrtB2MFL_N	8.000E+03	
MrtB2MFL_P	8.000E+03	
MrtB2MIC_E	9.000E+03	
MrtB2MIC_N	9.000E+03	
MrtB2MIC_P	9.000E+03	
MrtB2PHA_E	8.000E+03	niet in VKM
MrtB2PHA_N	8.000E+03	niet in VKM
MrtB2PHA_P	8.000E+03	niet in VKM
MrtExDIN_E	0.000E+00	niet in VKM
MrtExDIN_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExDIN_P	0.000E+00	niet in VKM
MrtExGRE_E	0.000E+00	niet in VKM
MrtExGRE_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExGRE_P	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMDI_E	0.000E+00	niet in VKM

MrtExMDI_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMDI_P	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMFL_E	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMFL_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMFL_P	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMIC_E	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMIC_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExMIC_P	0.000E+00	niet in VKM
MrtExPHA_E	0.000E+00	niet in VKM
MrtExPHA_N	0.000E+00	niet in VKM
MrtExPHA_P	0.000E+00	niet in VKM
NCMinLimH	1.500E-01	niet in VKM
NCMinLimL	1.000E-01	niet in VKM
NCRDIN_E	1.625E-01	
NCRDIN_N	1.250E-01	
NCRDIN_P	1.375E-01	
NCRGRE_E	2.750E-01	
NCRGRE_N	1.750E-01	
NCRGRE_P	2.000E-01	
NCRMDI_E	2.550E-01	
NCRMDI_N	1.250E-01	1.400e-01 in VKM
NCRMDI_P	1.500E-01	2.100e-01 in VKM
NCRMFL_E	2.000E-01	
NCRMFL_N	1.400E-01	
NCRMFL_P	2.000E-01	
NCRMIC_E	2.250E-01	
NCRMIC_N	2.250E-01	
NCRMIC_P	1.750E-01	
NCRPHA_E	1.875E-01	niet in VKM
NCRPHA_N	1.350E-01	niet in VKM
NCRPHA_P	1.875E-01	niet in VKM
nDetC	0.000E+00	niet in VKM
ONLY_ACTIVE	1.000E+00	
OON	3.000E-01	substantie in VKM
OOXDEN	1.000E+02	
OOXnit	0.000E+00	niet in VKM
PCMinLimH	1.500E-02	niet in VKM
PCMinLimL	1.000E-02	niet in VKM
PCRDIN_E	1.675E-02	
PCRDIN_N	1.750E-02	
PCRDIN_P	1.500E-02	
PCRGRE_E	2.380E-02	
PCRGRE_N	1.500E-02	
PCRGRE_P	1.250E-02	
PCRMDI_E	3.150E-02	
PCRMDI_N	1.750E-02	2.400e-02 in VKM

PCRMDI_P	1.250E-02	1.800e-02 in VKM
PCRMFL_E	2.000E-02	
PCRMFL_N	1.500E-02	
PCRMFL_P	1.125E-02	
PCRMIC_E	1.800E-02	
PCRMIC_N	1.800E-02	
PCRMIC_P	1.130E-02	
PCRPHA_E	2.250E-02	niet in VKM
PCRPHA_N	2.125E-02	niet in VKM
PCRPHA_P	1.200E-02	niet in VKM
PeriodVTRA	2.400E+01	
pH	8.100E+00	niet in VKM
PorS1	3.000E-01	niet in VKM
PPMaxDIN_E	1.320E-01	
PPMaxDIN_N	1.130E-01	
PPMaxDIN_P	1.120E-01	
PPMaxGRE_E	6.800E-02	
PPMaxGRE_N	6.800E-02	
PPMaxGRE_P	6.800E-02	
PPMaxMDI_E	7.000E-02	8.300e-02 in VKM
PPMaxMDI_N	5.400E-02	6.600e-02 in VKM
PPMaxMDI_P	5.400E-02	6.600e-02 in VKM
PPMaxMFL_E	9.000E-02	
PPMaxMFL_N	7.500E-02	
PPMaxMFL_P	7.500E-02	
PPMaxMIC_E	7.800E-02	
PPMaxMIC_N	7.800E-02	
PPMaxMIC_P	7.500E-02	
PPMaxPHA_E	6.000E-02	niet in VKM
PPMaxPHA_N	5.500E-02	niet in VKM
PPMaxPHA_P	5.500E-02	niet in VKM
RadSurf	1.600E+02	functie in VKM
RcAdPO4AAP	0.000E+00	1.000e-00 in VKM
RcBOD	3.000E-01	niet in VKM
RcDecTR1	1.000E-02	niet in VKM
RcDenSed	2.500E-02	1.000e-01 in VKM
RcDenWat	0.000E+00	niet in VKM
RcDetC	4.000E-02	1.200e-01 in VKM
RcDetCHigh	1.200E-01	1.800e-01 in VKM
RcDetCS1	1.500E-02	3.000e-02 in VKM
RcDetN	4.000E-02	1.200e-01 in VKM
RcDetNHigh	1.200E-01	1.800e-01 in VKM
RcDetNS1	1.500E-02	3.000e-02 in VKM
RcDetP	4.000E-02	8.000e-02 in VKM
RcDetPHigh	1.200E-01	1.800e-01 in VKM
RcDetPS1	1.500E-02	3.000e-02 in VKM

RcDetSHigh	8.000E-02	niet in VKM
RcDetSi	4.000E-02	1.000e-02 in VKM
RcDetSiS1	1.000E-02	1.500e-02 in VKM
RcNit	7.000E-02	1.000e-01 in VKM
RcSOD	1.000E-01	niet in VKM
RefDay	0.000E+00	niet in VKM
ScaleVDisp	1.000E+00	
ScaleVDisp	1.000E+00	
SCRDIN_E	0.000E+00	
SCRDIN_N	0.000E+00	
SCRDIN_P	0.000E+00	
SCRGRE_E	1.800E-03	
SCRGRE_N	1.800E-03	
SCRGRE_P	1.800E-03	
SCRMDI_E	4.470E-01	5.250e-01 in VKM
SCRMDI_N	2.830E-01	3.750e-01 in VKM
SCRMDI_P	2.830E-01	3.750e-01 in VKM
SCRMFL_E	0.000E+00	
SCRMFL_N	0.000E+00	
SCRMFL_P	0.000E+00	
SCRMIC_E	1.800E-03	
SCRMIC_N	1.800E-03	
SCRMIC_P	1.800E-03	
SCRPHA_E	0.000E+00	niet in VKM
SCRPHA_N	0.000E+00	niet in VKM
SCRPHA_P	0.000E+00	niet in VKM
SecchiExt1	1.350E+00	1.500e-00 in VKM
SiCMinLimH	1.000E-02	niet in VKM
SiCMinLimL	5.000E-03	niet in VKM
sw1DfwaPO4	2.000E+00	
sw2DfwaPO4	1.000E+00	
SWAdsP	1.000E+00	
SWBloomOut	0.000E+00	niet in VKM
SwChezy	1.000E+00	niet in VKM
SWDepAve	1.000E+00	niet in VKM
SWRear	9.000E+00	
SW Sediment	1.000E+00	0.000e-00 in VKM
SWTau	1.000E+00	niet in VKM
tau	-1.000E+00	proces in VKM
TaucRS1DM	2.000E-01	niet in VKM
TauCrUlva	--	9.990e+02 in VKM
TaucS	1.000E-01	9.990e+02 in VKM
TauCSDetC	1.000E-01	9.990e+02 in VKM
TaucSIM1	1.000E-01	9.990e+02 in VKM
TcBMDetC	1.110E+00	niet in VKM
TcBMDetN	1.110E+00	niet in VKM

TcBMDetP	1.110E+00	niet in VKM
TcBMDetSi	1.110E+00	niet in VKM
TcDenWat	1.110E+00	niet in VKM
TcDetC	1.110E+00	1.047e+00 in VKM
TcDetN	1.110E+00	1.070e-00 in VKM
TcDetP	1.110E+00	1.070e-00 in VKM
TcDetSi	1.047E+00	1.070e-00 in VKM
TcMrtDIN_E	1.072E+00	
TcMrtDIN_N	1.085E+00	
TcMrtDIN_P	1.085E+00	1.072e+00 in VKM
TcMrtGRE_E	1.080E+00	
TcMrtGRE_N	1.085E+00	
TcMrtGRE_P	1.085E+00	
TcMrtMDI_E	1.072E+00	
TcMrtMDI_N	1.085E+00	
TcMrtMDI_P	1.085E+00	
TcMrtMFL_E	1.072E+00	
TcMrtMFL_N	1.085E+00	
TcMrtMFL_P	1.085E+00	
TcMrtMIC_E	1.080E+00	
TcMrtMIC_N	1.085E+00	
TcMrtMIC_P	1.085E+00	
TcMrtPHA_E	1.072E+00	niet in VKM
TcMrtPHA_N	1.085E+00	niet in VKM
TcMrtPHA_P	1.085E+00	niet in VKM
TcNit	1.060E+00	1.120e-00 in VKM
TcPMxDIN_E	5.500E+00	
TcPMxDIN_N	4.750E+00	
TcPMxDIN_P	4.750E+00	
TcPMxGRE_E	0.000E+00	
TcPMxGRE_N	3.000E+00	
TcPMxGRE_P	3.000E+00	
TcPMxMDI_	-4.500E+00	-1.750e-00 in VKM
TcPMxMDI_	-4.170E+00	-2.000e-00 in VKM
TcPMxMDI_	-4.170E+00	-2.000e-00 in VKM
TcPMxMFL_	-1.000E+00	
TcPMxMFL_	-1.000E+00	
TcPMxMFL_	-1.000E+00	
TcPMxMIC_E	8.000E+00	
TcPMxMIC_N	8.000E+00	
TcPMxMIC_P	1.000E+01	
TcPMxPHA_	-8.000E+00	niet in VKM
TcPMxPHA_	-8.000E+00	niet in VKM
TcPMxPHA_	-8.000E+00	niet in VKM
TcRspDIN_E	1.066E+00	
TcRspDIN_N	1.066E+00	

TcRspDIN_P	1.066E+00	
TcRspGRE_E	1.096E+00	
TcRspGRE_N	1.096E+00	
TcRspGRE_P	1.096E+00	
TcRspMDI_E	1.066E+00	
TcRspMDI_N	1.066E+00	
TcRspMDI_P	1.066E+00	
TcRspMFL_E	1.066E+00	
TcRspMFL_N	1.066E+00	
TcRspMFL_P	1.066E+00	
TcRspMIC_E	1.072E+00	
TcRspMIC_N	1.072E+00	
TcRspMIC_P	1.072E+00	
TcRspPHA_E	1.066E+00	niet in VKM
TcRspPHA_N	1.066E+00	niet in VKM
TcRspPHA_P	1.066E+00	niet in VKM
TCSed	1.000E+00	niet in VKM
TcSOD	1.040E+00	niet in VKM
Temp	1.500E+01	segment functie in GVN en VKM
TFPMxDIN_E	0.000E+00	
TFPMxDIN_N	0.000E+00	
TFPMxDIN_P	0.000E+00	
TFPMxGRE_E	0.000E+00	
TFPMxGRE_N	0.000E+00	
TFPMxGRE_P	0.000E+00	
TFPMxMDI_E	0.000E+00	
TFPMxMDI_N	0.000E+00	
TFPMxMDI_P	0.000E+00	
TFPMxMFL_E	0.000E+00	
TFPMxMFL_N	0.000E+00	
TFPMxMFL_P	0.000E+00	
TFPMxMIC_E	0.000E+00	
TFPMxMIC_N	0.000E+00	
TFPMxMIC_P	0.000E+00	
TFPMxPHA_E	0.000E+00	niet in VKM
TFPMxPHA_N	0.000E+00	niet in VKM
TFPMxPHA_P	0.000E+00	niet in VKM
TimMultBI	0.000E+00	2.0 in VKM
Tolerance	1.000E-07	
V0SedDetC	1.500E+00: 'Basis' Scenario 2.500E+00: '+Graas' Scenario	1.000e-01 in VKM
V0SedDIN_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedDIN_N	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedDIN_P	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedGRE_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario	niet in VKM

	1.500E+00: '+Graas' Scenario	
V0SedGRE_N	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedGRE_P	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedIM1	0.000E+00	1.000e-01 in VKM
V0SedMDI_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMDI_N	1.000E+00: 'Basis' Scenario 2.000E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMDI_P	1.000E+00: 'Basis' Scenario 2.000E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMFL_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMFL_N	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMFL_P	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMIC_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMIC_N	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedMIC_P	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedPHA_E	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedPHA_N	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
V0SedPHA_P	5.000E-01: 'Basis' Scenario 1.500E+00: '+Graas' Scenario	niet in VKM
VBurDMS1	1.000E-03	niet in VKM
VWind	3.000E+00	functie in VKM
XNCRGRE_E	-1.000E+00	niet in VKM
XNCRGRE_N	-1.000E+00	niet in VKM
XNCRGRE_P	-1.000E+00	niet in VKM
XNCRMIC_E	-1.000E+00	niet in VKM
XNCRMIC_N	-1.000E+00	niet in VKM
XNCRMIC_P	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRGRE_E	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRGRE_N	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRGRE_P	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRMIC_E	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRMIC_N	-1.000E+00	niet in VKM
XPCRMIC_P	-1.000E+00	niet in VKM
ZResDM	2.500E+04	niet in VKM
ACTIVE_AdsPO4AAP	1.000E+00	
ACTIVE_Age1	1.000E+00	
ACTIVE_AtmDep_NH4	1.000E+00	
ACTIVE_AtmDep_NO3	1.000E+00	
ACTIVE_BLOOM_P	1.000E+00	
ACTIVE_BMS1_DetC	1.000E+00	
ACTIVE_BMS1_DetN	1.000E+00	
ACTIVE_BMS1_DetP	1.000E+00	
ACTIVE_BMS1_DetSi	1.000E+00	

ACTIVE_BODCOD	1.000E+00	
ACTIVE_Bur_DM	1.000E+00	
ACTIVE_BurS1_DetC	1.000E+00	
ACTIVE_BurS1N_Det	1.000E+00	
ACTIVE_CalcRad	1.000E+00	
ACTIVE_CalVS_DetC	1.000E+00	
ACTIVE_CalVS_IM1	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSAIlg	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSDIN_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSDIN_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSDIN_P	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSGRE_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSGRE_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSGRE_P	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMDI_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMDI_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMDI_P	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMFL_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMFL_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMFL_P	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMIC_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMIC_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSMIC_P	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSPHA_E	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSPHA_N	1.000E+00	
ACTIVE_CalVSPHA_P	1.000E+00	
ACTIVE_Chloride	1.000E+00	
ACTIVE_Compos	1.000E+00	
ACTIVE_Daylength	1.000E+00	
ACTIVE_DenSed_NO3	1.000E+00	
ACTIVE_DenWat_NO3	1.000E+00	
ACTIVE_DepAve	1.000E+00	
ACTIVE_Dfwast_PO4	1.000E+00	
ACTIVE_DYNDEPTH	0.000E+00	
ACTIVE_DynDepth	1.000E+00	
ACTIVE_EXTINABVL	1.000E+00	
ACTIVE_EXTINABVLP	1.000E+00	
ACTIVE_Extinc_VL	1.000E+00	
ACTIVE_ExtPODVL	1.000E+00	
ACTIVE_Grd_Rho	1.000E+00	
ACTIVE_Grd_Vel	1.000E+00	
ACTIVE_Nitriif_NH4	1.000E+00	
ACTIVE_POC_Dyn	1.000E+00	
ACTIVE_PosOXY	1.000E+00	
ACTIVE_RearOXY	1.000E+00	
ACTIVE_Res_DetC	1.000E+00	

ACTIVE_Res_DM	1.000E+00	
ACTIVE_ResN_Det	1.000E+00	
ACTIVE_S1_Comp	1.000E+00	
ACTIVE_S2_Comp	1.000E+00	
ACTIVE_SaturOXY	1.000E+00	
ACTIVE_Secchi	1.000E+00	
ACTIVE_Sed_IM1	1.000E+00	
ACTIVE_SEDALG	1.000E+00	
ACTIVE_SedAlg	1.000E+00	
ACTIVE_SedDetC	1.000E+00	
ACTIVE_SEDDIN_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDDIN_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDDIN_P	1.000E+00	
ACTIVE_SEDGRE_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDGRE_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDGRE_P	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMDI_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMDI_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMDI_P	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMFL_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMFL_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMFL_P	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMIC_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMIC_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDMIC_P	1.000E+00	
ACTIVE_SedN_Det	1.000E+00	
ACTIVE_SEDPHA_E	1.000E+00	
ACTIVE_SEDPHA_N	1.000E+00	
ACTIVE_SEDPHA_P	1.000E+00	
ACTIVE_SedPhBlo_P	1.000E+00	
ACTIVE_SedPODyn	1.000E+00	
ACTIVE_Sum_Sedim	1.000E+00	
ACTIVE_Tau	1.000E+00	
ACTIVE_TOTDEPTH	0.000E+00	
ACTIVE_TotDepth	1.000E+00	
ACTIVE_UlvaFix	1.000E+00	
ACTIVE_Veloc	1.000E+00	
ACTIVE_VERTDISP	0.000E+00	
ACTIVE_VertDisp	1.000E+00	
ACTIVE_vtrans	1.000E+00	
ACTIVE_Wave	1.000E+00	
ACTIVE_WM_DetC	1.000E+00	
ACTIVE_WM_DetN	1.000E+00	
ACTIVE_WM_DetP	1.000E+00	
ACTIVE_WM_DetSi	1.000E+00	
ACTIVE_xxxChezy	1.000E+00	

ACTIVE_ xxxNH3free	1.000E+00	
ACTIVE_ xxxSedOXYDem	1.000E+00	
ACTIVE_ xxxVarSal	1.000E+00	